

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

«До захисту в ЕК»

Директор інституту ННІХТ

Оксан КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» грудня 2025р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» грудня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів

на тему: Розробка лінійки косметичних засобів на основі екстракту з насіння та шкірки авокадо (*Persea americana*, сорт Hass)

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХТ-2-15М

ДУДЧАК Олександр Володимирович

(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник БІЛА Галина Миколаївна

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(підпис)

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

(підпис)

Тетяна Петренко

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій
 Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ 10 ” жовтня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дудчак Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка лінійки косметичних засобів на основі екстракту з насіння та шкірки авокадо (*Persea americana*, сорт Hass)

керівник роботи Біла Г.М., к.х.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “10” 10 2025 року № 832-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи розробка гелю після гоління продуктивністю 1500 кг на виробничий цикл

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, об'єкти та методи досліджень, експериментальна частина, технологічна частина, розрахунок економічної ефективності, охорона навколишнього середовища, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 10.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--|-------------------------------|----------|
| 1 | ВСТУП | 10.10.2025 | |
| 2 | РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 10.10.2025-12.10.2025 | |
| 3 | РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ | 13.10.2025-15.10.2025 | |
| 4 | РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА | 15.10.2025-23.10.2025 | |
| 5 | РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 23.10.2025-31.10.2025 | |
| 6 | РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ | 01.11.2025-03.11.2025 | |
| 7 | РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 04.11.2025-06.11.2025 | |
| 8 | РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ | 07.11.2025-10.11.2025 | |
| 9 | ВИСНОВКИ | 11.11.2025-15.11.2025 | |
| 10 | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 16.11.2025-17.11.2025 | |
| 11 | ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА | 18.11.2025-21.11.2025 | |
| 12 | ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА | 21.11.2025-24.11.2025 | |
| 13 | ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР | 25.11.2025-01.12.2025 | |

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександр ДУДЧАК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Галина БІЛА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Дудчак О.В. Розробка лінійки косметичних засобів на основі екстракту з насіння та шкірки авокадо (*Persea americana*, сорт Hass)

Пояснювальна записка 110 с., 13 рис., 13 табл., 61 літературних джерел

Графічний матеріал: 2 креслення формату А-1

У кваліфікаційній роботі проведено аналітичний огляд науково-технічної літератури та здійснено аналіз ринку косметичних засобів по догляду за шкірою обличчя після гоління в Україні та країнах світу. Розглянуто будову, хімічний склад та біологічну цінність отриманих екстрактів насіння та шкірки авокадо сорту *Persea americana*, сорт Hass та обґрунтовано доцільність його використання як одного із компонентів рецептури косметичного засобу із вираженою антиоксидантною, антимікробною властивістю.

Розроблено рецептури гелю після гоління з багатокомпонентним екстрактом авокадо, крему для шкіри тіла з водно-спиртовим екстрактом авокадо, скраб з екстрактом шкірки авокадо. Наведено токсикологічний профіль інгредієнтів рецептури гелю після гоління. Проведено оцінювання органолептичних показників, визначено рН, термо- та колоїдну стабільність зразків, на їх основі підтверджено відповідність вимогам до сучасних косметичних засобів.

Розраховано матеріальний баланс виробництва запропонованих засобів, спроектовано принципову, та апаратурно-технологічну схеми одержання гелю після гоління, наведено елементи техніко-економічного обґрунтування впровадження розробленої лінійки у виробництво.

Запропоновано заходи з охорони праці та мінімізації впливу виробництва на навколишнє середовище, які відповідають сучасним вимогам GMP.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГЕЛЬ, КРЕМ, СКРАБ, ОБЛИЧЧЯ, ЕКСТРАКТ, АВОКАДО *PERSEA AMERICANA*, СОРТ HASS, ТЕХНОЛОГІЯ, РЕЦЕПТУРА.

ABSTRACT

Dudchak O.V. Development of a line of cosmetic products based on extract from avocado seeds and peel (*Persea americana*, Hass variety)

Explanatory note 110 p., 13 fig., 13 tab., 61 references

Graphic material: 2 drawings of A-1 format

The qualification work conducted an analytical review of scientific and technical literature and analyzed the market of cosmetic products for facial skin care after shaving in Ukraine and countries around the world. The structure, chemical composition and biological value of the obtained extracts of avocado seeds and peel of *Persea americana*, Hass variety were considered and the feasibility of its use as one of the components of the formulation of a cosmetic product with pronounced antioxidant and antimicrobial properties was substantiated.

Formulations of aftershave gel with multicomponent avocado extract, body cream with water-alcoholic avocado extract, and scrub with avocado peel extract were developed. The toxicological profile of the ingredients of the aftershave gel formulation is presented. The organoleptic parameters are evaluated, the pH, thermal and colloidal stability of the samples are determined, and on their basis, compliance with the requirements for modern cosmetics is confirmed.

The material balance of the production of the proposed products is calculated, the principle and instrumental and technological scheme for obtaining aftershave gel is designed, elements of the feasibility study for introducing the developed line into production are presented.

Measures for labor protection and minimizing the impact of production on the environment are proposed, which meet modern GMP requirements.

KEYWORDS: GEL, CREAM, SCRUB, FACE, EXTRACT, AVOCADO PERSEA AMERICANA, HASS VARIETY, TECHNOLOGY, RECIPE.

ЗМІСТ

| | |
|--|------------|
| Вступ..... | 9 |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 10 |
| 1.1 Аналіз ринку косметичної продукції по догляду за шкірою обличчя для чоловіків..... | 10 |
| 1.2 Характеристика сировини для виготовлення косметичних засобів..... | 12 |
| 1.3 Загальна характеристика екстракту, та обладнання для екстрагування.. | 15 |
| 1.4 Характеристика косметичних засобів після гоління, сировини для виготовлення косметичного засобу..... | 18 |
| 1.5 Обґрунтування напрямку дослідження..... | 21 |
| РОЗДІЛ II МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ | 24 |
| 2.1 Матеріали дослідження | 24 |
| 2.2 Методи дослідження | 27 |
| РОЗДІЛ III ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА | 36 |
| 3.1 Дослідження оптимальних умов екстракції різних частин авокадо..... | 36 |
| 3.2 Дослідження органолептичних показників косметичних засобів..... | 42 |
| 3.3 Дослідження фізико-хімічних та показників продукту..... | 49 |
| 3.4 Розробка математичної моделі дослідження..... | 53 |
| 3.5 Токсикологічний профіль інгредієнтів..... | 62 |
| РОЗДІЛ IV ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 67 |
| 4.1 Технологія отримання гелю після гоління..... | 67 |
| 4.2 Розрахунок матеріального балансу технології отримання..... | 75 |
| 4.3 Технологія отримання скраб..... | 81 |
| 4.4 Підбір основного технологічного обладнання..... | 83 |
| РОЗДІЛ V РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ | 93 |
| РОЗДІЛ VI ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 97 |
| РОЗДІЛ VII ОХОРОНА ПРАЦІ | 100 |
| ВИСНОВКИ | 100 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 105 |

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна косметична індустрія переживає період трансформації, орієнтуючись на принципи сталого розвитку та циркулярної економіки. Споживчий попит на натуральну, екологічно відповідальну косметику стабільно зростає, що стимулює пошук альтернативних джерел біологічно активних речовин. Щорічно у світі переробляється понад 7 мільйонів тонн авокадо, при цьому насіння та шкірка, що становлять 20-30 відсотків від маси плодів, переважно утилізуються як органічні відходи. Проте ці побічні продукти містять значно вищі концентрації антиоксидантів, поліфенолів та інших біологічно активних сполук порівняно з м'якушем плоду. Використання насіння та шкірки авокадо як косметичної сировини дозволяє не лише створювати ефективні продукти для догляду за шкірою, але й вирішує екологічні та етичні проблеми, пов'язані з утилізацією харчових відходів. Багатофункціональність екстрактів авокадо – антиоксидантна, протимікробна, протизапальна та зволожуюча активність – робить їх перспективними інгредієнтами для широкого спектру косметичних засобів.

Метою роботи є розробка технології отримання екстрактів з насіння та шкірки авокадо з комплексом біологічно активних речовин та створення на їх основі лінійки косметичних засобів для догляду за шкірою тіла.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні **завдання**:

- провести літературний аналіз хімічного складу та біологічної активності насіння і шкірки авокадо;
- розробити оптимальні режими екстрагування біологічно активних речовин з використанням різних методів та екстрагентів;
- дослідити фізико-хімічні властивості та біологічну активність отриманих екстрактів;
- розробити математичні моделі процесу екстрагування для оптимізації технологічних параметрів;

- створити рецептури крему для тіла, гелю після гоління та скрабу з використанням отриманих екстрактів;
- дослідити органолептичні, реологічні та фізико-хімічні властивості розроблених косметичних засобів.

Об'єкт дослідження: технології отримання косметичних засобів після гоління з додавання екстрактів авокадо сорту Хаас.

Предмет дослідження: крем для тіла, гель після гоління та скраб із додавання екстрактів авокадо сорту Хаас.

Методи дослідження. У роботі використовувалася система загальнонаукових та спеціальних методів дослідження; емпіричні методи: спостереження, вимірювання, експеримент; фізико-хімічні методи включали: спектрофотометрію у УФ та видимій областях для визначення вмісту поліфенолів, флавоноїдів та антиоксидантної активності; потенціометрію для вимірювання рН; віскозиметрію для дослідження реологічних властивостей; гравіметрію для визначення вмісту сухих речовин. Для математичної обробки експериментальних даних використовувалися методи нелінійної регресії, кореляційного аналізу та побудови тернарних діаграм оптимізації складу рецептур.

Магістерська робота виконана в рамках кафедральної держбюджетної теми № 0122U200973 «Науково-практичні основи розроблення та модернізації технологій харчових добавок та косметичних засобів», зареєстрованої в ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації».

Наукова новизна одержаних результатів: розроблено та обґрунтовано рецептуру лінійки косметичних засобів з екстрактами різних частин авокадо сорту *Persea americana*, сорт Hass. Спектрофотометричний аналіз підтвердив багатокомпонентний склад екстрактів авокадо. Екстракт насіння демонструє інтенсивні максимуми поглинання при 280 нм (ароматичні амінокислоти) та 327 нм (флавоноїди, гідроксикоричні кислоти). Екстракт шкірки характеризується додатковими максимумами при 439, 610 та 664 нм, що відповідають хлорофілу, та при 480 нм (каротиноїди).

Обґрунтовано доцільність використання цих побічних продуктів переробки авокадо як цінної сировини для косметичної промисловості.

Практична цінність одержаних результатів. Розроблена технологія дозволяє ефективно використовувати побічні продукти переробки авокадо для створення косметичних засобів з високою біологічною активністю, що відповідає принципам циркулярної економіки та сталого розвитку косметичної індустрії. Отримані результати можуть бути використані для промислового впровадження технології виробництва натуральної косметики на основі екстрактів насіння та шкірки авокадо.

Апробація результатів дослідження. Олександр Дудчак, Михайло Мілюкін. Перспективи застосування екстракту з насіння та шкірки авокадо в косметичній галузі // Матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 7–11 квітня 2025 р., Київ: НУХТ, Ч.2. С. 314.

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз ринку косметичної продукції по догляду за шкірою обличчя для чоловіків

Ринок косметичної продукції для чоловіків є одним із найбільш динамічних сегментів сучасної косметичної індустрії. Зростання попиту на засоби догляду за шкірою обличчя серед чоловіків пов'язане зі зміною соціальних норм, підвищенням уваги до власного зовнішнього вигляду та усвідомленням впливу косметичних продуктів на стан шкіри та здоров'я в цілому [12].

Чоловіча шкіра має низку фізіологічних особливостей: більшу товщину епідермісу, підвищену активність сальних залоз, схильність до подразнень та мікропошкоджень унаслідок регулярного гоління. Це формує потребу у спеціалізованих косметичних засобах, здатних забезпечувати зволожувальну, заспокійливу, протизапальну та захисну дію [8].

Європейський та український ринки чоловічої косметики. За даними аналітичних оглядів, європейський ринок косметичної продукції стабільно зростає, а сегмент чоловічих засобів демонструє щорічне збільшення обсягів реалізації. Найбільш стійким попитом користуються засоби для гоління та післягоління, оскільки вони належать до продукції щоденного або регулярного використання [5].

В Україні ринок косметичних засобів для чоловіків перебуває на етапі активного формування. Попри домінування імпортової продукції, зростає інтерес до вітчизняних виробників, особливо у сегменті натуральної косметики. Споживачі дедалі частіше надають перевагу продуктам із рослинними компонентами, без агресивних синтетичних речовин, що відповідають сучасним вимогам безпеки та якості [6].

Актуальність засобів після гоління. Серед усього асортименту чоловічої косметики особливе місце займають лосьйони, гелі та креми після гоління. Дані засоби виконують одразу кілька важливих функцій: зменшують подразнення,

почервоніння та відчуття печіння, сприяють загоєнню мікропошкоджень, відновлюють гідроліпідний баланс шкіри [9].

Окремим напрямом ринку є натуральна та напівнатуральна косметика, попит на яку щорічно зростає. За результатами маркетингових досліджень, понад 40 % чоловіків віком 20–45 років віддають перевагу косметичним засобам із рослинними компонентами, уникаючи продуктів з агресивними консервантами, барвниками та ароматизаторами [7].

Проведений аналіз ринку дозволяє зробити висновок, що розробка лосьйону, гелю або крему після гоління є економічно та технологічно доцільною. Поєднання стабільного попиту, регулярності використання та можливості впровадження інноваційних натуральних компонентів створює умови для формування конкурентоспроможного продукту [10].

Використання екстрактів насіння та шкірки авокадо (*Persea americana*, сорт Hass) у складі засобів після гоління дозволяє одночасно реалізувати кілька ключових напрямів: підвищення ефективності косметичного засобу, зниження ризику подразнення шкіри та відповідність сучасним тенденціям екологічності й раціонального використання сировини [11]. Таким чином, аналітична оцінка ринку підтверджує актуальність і перспективність розробки натуральної лінійки чоловічих косметичних засобів після гоління, орієнтованої на вимоги споживачів та сучасні нормативні стандарти якості і безпеки [50].

Впровадження стандартів належної виробничої практики (GMP, ЖМП) у косметичній галузі України на сучасному етапі є одним із ключових чинників підвищення якості та безпечності продукції, а також важливою складовою процесу гармонізації національного законодавства з нормативними вимогами Європейського Союзу. Умови євроінтеграції та оновлення системи технічного регулювання косметичної продукції формують необхідність переходу вітчизняних виробників на сучасні стандарти організації виробництва, орієнтовані на превентивний контроль ризиків і забезпечення стабільної якості готової продукції [50].

Згідно з чинним Технічним регламентом косметичної продукції, виробництво косметичних засобів в Україні повинно здійснюватися з дотриманням принципів належної виробничої практики, базовим документом для реалізації яких є стандарт DSTU ISO EN 22716:2015, що визначає комплексні вимоги до виробничих приміщень, персоналу, технологічного обладнання, контролю якості сировини, умов зберігання та транспортування, а також до системи документації і простежуваності продукції [51].

Актуальність впровадження GMP для українського косметичного ринку посилюється зростанням попиту на продукцію з підтвердженою якістю та безпечністю, особливо у сегменті засобів догляду за шкірою обличчя та продукції після гоління. Дотримання вимог GMP дозволяє системно мінімізувати ризики мікробіологічного забруднення та нестабільності складу готової продукції [51].

Крім технологічних аспектів, впровадження стандартів ЖМП має суттєвий економічний та інвестиційний ефект, підвищуючи довіру споживачів до косметичної продукції та конкурентоспроможність вітчизняних виробників [51].

1.2 Характеристика сировини для виготовлення косметичних засобів

Хімічний склад плодів авокадо відзначається значною різноманітністю компонентів, що зумовлює їх високу функціональну цінність у косметології. М'якуш плодів містить вітаміни А, С, D, Е, К та вітаміни групи В, а також значну кількість ліпідів, масова частка яких може досягати 30 %. Ліпідна фракція авокадо представлена переважно мононенасиченими жирними кислотами, зокрема олеїновою кислотою, яка забезпечує добрі емульгувальні властивості та високу дерматологічну сумісність косметичних засобів на основі авокадо [11]. Також багато американців що зневірилися в олію, соняшникову переходять на олію авокадо власного віджиму, проте сировина яку можливо купити в Україні особино на мій погляд не відповідає, її ціні, виробляти олію авокадо дорого, та без хімічної очисти вона псується за години, але в малій кількості в присутності антиоксидантів з насіння вона, та при спиртовій екстракції мала приємний смак

продав місяця в холодильнику. Це було виявлено випадково що дає можливість водити, або не водити взагалі допоміжних антиоксиданців.

Особливу роль у косметичній дії авокадо відіграють неомилювані компоненти олії, до яких належать сквален, фітостероли, токофероли та каротиноїди. Сквален, концентрація якого в олії авокадо є однією з найвищих серед рослинних олій, структурно подібний до ліпідів шкірного себуму, що зумовлює його високу біосумісність зі шкірою людини. Він сприяє відновленню бар'єрних функцій епідермісу, зменшенню трансепідермальної втрати вологи, а також проявляє виражену антиоксидантну та протизапальну дію, що є особливо важливим для засобів після гоління [11].

Фітостероли авокадо, представлені переважно β -ситостеролом, кампестеролом та стигмастеролом, відіграють важливу роль у стабілізації ліпідного матриксу рогового шару шкіри та зменшенні проявів запальних реакцій. Завдяки структурній подібності до холестеролу вони ефективно вбудовуються в міжклітинні ліпідні структури епідермісу, підвищуючи його бар'єрні властивості та сприяючи зменшенню сухості, подразнення і почервоніння шкіри після гоління. Токофероли та каротиноїди, присутні в олії авокадо, додатково підсилюють антиоксидантний захист шкіри та сприяють процесам регенерації епідермісу [11].

У ході аналітичного огляду та виконання експериментальної частини курсової роботи було встановлено, що екстракти з насіння та шкірки авокадо є перспективною сировиною для косметичної галузі завдяки високому вмісту біологічно активних речовин та можливості їх стабільного введення до емульсійних систем. У межах курсового проекту проаналізовано фізико-хімічні властивості отриманих екстрактів, їх поведінку у водних, спиртових та олійних середовищах, а також вплив на органолептичні та стабілізаційні показники косметичних кремів і засобів після гоління.

2 Плоди авокадо, а також їх насіння і шкірка, характеризуються високою концентрацією ліпідних та фенольних сполук, що зумовлює їх дерматотропні властивості. Насіння авокадо, яке тривалий час розглядалося як

побічний продукт переробки, містить поліфенольні сполуки, флавоноїди та інші антиоксиданти, здатні нейтралізувати вільні радикали та зменшувати прояви оксидативного стресу шкіри, що підтверджує перспективність його використання у складі косметичних засобів після гоління [11, 33].

Шкірка авокадо також є цінним джерелом біоактивних речовин, зокрема фенольних кислот і каротиноїдів, екстракти яких демонструють високу антиоксидантну та антимікробну активність. Це дозволяє розглядати шкірку авокадо як перспективний природний інгредієнт для косметичних композицій із заспокійливою та захисною дією [11, 34]. Використання насіння та шкірки авокадо відповідає принципам циркулярної економіки та сприяє зменшенню відходів харчового виробництва.

Для забезпечення якості, безпечності та стабільності косметичних засобів після гоління особливе значення має дотримання вхідних вимог до сировини, що використовується у виробництві. Сировина рослинного походження, зокрема плоди авокадо, а також насіння і шкірка, повинні відповідати встановленим санітарно-гігієнічним та технологічним вимогам, визначеним чинною системою технічного регулювання та принципами належної виробничої практики [50, 51].

Свіжа рослинна сировина має бути цілісною, без механічних пошкоджень, ознак гниття, плісняви, ферментативного потемніння або сторонніх запахів. Не допускається використання сировини з проявами мікробіологічного псування, ураженої грибами або комахами, а також сировини, що зберігалася з порушенням температурного режиму, що суперечить вимогам GMP щодо контролю якості вхідної сировини [51].

Перед переробкою авокадо підлягає ретельному візуальному контролю, миттю питною водою та, за необхідності, санітарній обробці з метою зниження мікробного навантаження. Насіння та шкірка повинні бути відокремлені від м'якуша без залишків органічних домішок і піддаватися сушінню або негайній переробці з метою запобігання розвитку мікрофлори відповідно до вимог належної виробничої практики [51].

Вхідний контроль сировини також передбачає оцінку вологості, відсутності сторонніх включень, стабільності кольору та запаху, а за необхідності — перевірку мікробіологічних показників. Використання сировини, що не відповідає зазначеним вимогам, не допускається, оскільки це може призвести до зниження якості екстрактів, нестабільності готового косметичного продукту та підвищення ризиків для споживача, що суперечить вимогам щодо безпечності косметичної продукції [50, 51].

Таким чином, плоди авокадо та побічні продукти їх переробки — насіння і шкірка — є перспективною сировиною для виготовлення косметичних засобів після гоління, оскільки поєднують високу біологічну активність, технологічну придатність та відповідність сучасним вимогам якості, безпечності й належної виробничої практики [51].

1.3 Загальна характеристика екстракту, та обладнання для екстрагування

Екстракти з насіння та шкірки авокадо являють собою багатокомпонентні концентровані системи, що містять комплекс біологічно активних речовин, зокрема поліфенольні сполуки, флавоноїди, каротиноїди, тритерпенові та інші вторинні метаболіти рослинного походження. Залежно від природи екстрагенту та умов проведення процесу екстракти можуть мати водну, водно-спиртову або олійну основу, що визначає спектр вилучених компонентів і їх функціональні властивості у складі косметичних засобів [11, 33, 34].

Отримані екстракти характеризуються вираженою антиоксидантною, протизапальною та антимікробною активністю, що зумовлює доцільність їх використання у косметичних засобах після гоління. Біоактивні компоненти екстрактів сприяють зменшенню подразнення шкіри, прискоренню регенеративних процесів та стабілізації гідроліпідного бар'єру епідермісу. Важливою перевагою екстрактів з насіння та шкірки авокадо є можливість їх стабільного введення до емульсійних і гелевих систем без негативного впливу на органолептичні показники готової продукції [11, 33, 34].

Крім рідких екстрактів, у процесі екстрагування з насіння та шкірки авокадо може утворюватися екстракт-суспензія, у складі якої зберігаються частинки жирної фази, клітинних оболонок та крохмалисті компоненти авокадо. Така система поєднує розчинені біологічно активні речовини та дисперсну тверду фазу, що зумовлює її функціональну різноманітність і розширює можливості подальшого використання.

За умови проведення поетапної фільтрації або фракціонування екстракту-суспензії можливе виділення окремої твердої фракції, яка містить залишкові ліпіди, полісахариди та структурні компоненти клітинної стінки. Дана фракція може бути використана як м'який скрабуючий елемент у складі косметичних засобів для механічного очищення шкіри, що є актуальним для продуктів попереднього або допоміжного догляду у чоловічих косметичних лінійках [34].

Таким чином, комплексна переробка авокадо дозволяє умовно розділити сировину на три функціональні фракції; Рідкий екстракт, збагачений біологічно активними речовинами; Жирну фракцію з вираженими дерматотропними властивостями; Тверду фракцію з потенціалом застосування як скрабуючого компонента.

Зазначений підхід забезпечує більш повне використання сировини порівняно з високоселективними методами екстрагування, зокрема надкритичною CO₂-екстракцією, яка, попри отримання високочистих фракцій цільових сполук, обмежує можливість комплексного залучення всіх складових авокадо. Багатофракційна екстракція відповідає принципам циркулярної економіки та сприяє підвищенню технологічної й економічної ефективності виробництва косметичних засобів [33, 34].

Апарат Клевенджера належить до лабораторного обладнання, призначеного для одержання летких компонентів рослинної сировини методом гідродистиляції. Його застосовують переважно для якісного та кількісного визначення вмісту ефірних фракцій у рослинних матеріалах у межах науково-дослідних і аналітичних робіт. Використання апарату Клевенджера доцільне на етапі лабораторних досліджень для порівняльної характеристики сировини та

оцінки виходу летких сполук. У промислових умовах застосування апарату є обмеженим, що зумовлено низькою продуктивністю та тривалістю процесу гідродистиляції [46].

Екстрактори з мішалкою є основним технологічним обладнанням для здійснення рідинної екстракції біологічно активних речовин з рослинної сировини. Їх робота ґрунтується на забезпеченні інтенсивного масообміну між твердою фазою та екстрагентом за рахунок контрольованих температурних режимів і механічного перемішування. Використання екстракторів з мішалкою дозволяє регламентувати основні параметри процесу екстрагування, зокрема температуру, тривалість та інтенсивність перемішування, що є необхідною умовою отримання екстрактів зі стабільними фізико-хімічними характеристиками та відтворюваним складом. Даний тип обладнання є придатним для застосування в лабораторних, напівпромислових та промислових умовах виробництва косметичних інгредієнтів [21, 45].

Ультразвукові екстрактори використовуються для інтенсифікації процесу екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини за рахунок кавітаційного впливу ультразвукових коливань. Дія ультразвуку сприяє порушенню цілісності клітинних структур рослинного матеріалу, що полегшує дифузю внутрішньоклітинних компонентів у екстрагент та зменшує тривалість екстракції. Зазначений метод застосовується переважно для одержання екстрактів, що містять термолабільні сполуки, та використовується в лабораторних і напівпромислових умовах як альтернатива традиційним методам мацерації [29, 37].

Роторний випарник є допоміжним технологічним обладнанням, призначеним для концентрування екстрактів шляхом видалення розчинника за умов зниженого тиску та помірних температур. Такий режим випаровування забезпечує мінімізацію термічного впливу на біологічно активні компоненти екстракту та дозволяє отримувати концентровані екстракти без суттєвих змін їх хімічного складу. Застосування роторного випарника є доцільним на

лабораторному та дослідно-промисловому етапах розробки косметичних інгредієнтів [29].

Мембранні фільтри застосовуються для освітлення екстрактів шляхом видалення механічних домішок, колоїдних частинок та мікроорганізмів без зміни хімічного складу фільтрату [29, 48]. Мікрофільтраційні мембрани з розміром пор 0,1-10 мікрметрів виготовляються з целюлозних ефірів, поліпропілену, політетрафторетилену або полівінілідендифториду. Ультрафільтраційні мембрани з розміром пор 0,001-0,1 мікрметра дозволяють відокремлювати макромолекули та високомолекулярні сполуки від низькомолекулярних речовин. Фільтрація може проводитися під тиском 0,5-5 атмосфер для прискорення процесу або під вакуумом 0,2-0,8 атмосфери для термочутливих екстрактів. Тупикова фільтрація передбачає перпендикулярний рух рідини через мембрану з накопиченням осаду на її поверхні. Тангенціальна фільтрація використовує паралельний потік рідини вздовж поверхні мембрани, що зменшує утворення осаду та підвищує продуктивність. Регенерація мембран проводиться промиванням розчинами лугів, кислот або детергентів залежно від природи забруднень [29, с. 89].

1.4 Характеристика косметичних засобів після гоління, сировини для виготовлення косметичного засобу

Косметичні засоби після гоління призначені для догляду за шкірою обличчя після механічного впливу леза, який супроводжується мікропошкодженнями рогового шару, подразненням та порушенням гідроліпідного бар'єру. Основними функціями таких засобів є зменшення запальних реакцій, заспокоєння шкіри, прискорення процесів регенерації, зволоження та відновлення захисних властивостей епідермісу. До найбільш поширених форм належать лосьйони, гелі, креми та бальзами після гоління, вибір яких залежить від типу шкіри та індивідуальних потреб споживача [9, 11].

Основу більшості косметичних засобів після гоління становлять емульсійні або гелеві системи, до складу яких входять водна та олійна фази. Для стабілізації таких систем застосовують емульгатори — поверхнево-активні

речовини амфіфільної природи, що забезпечують утворення та тривалу стабільність емульсій. Перевага надається неіоногенним емульгаторам, які характеризуються високою стабільністю у широкому діапазоні рН та низькою подразнюючою дією на шкіру, що є критично важливим для засобів після гоління [11, 21].

Олійна фаза косметичних засобів після гоління формується за рахунок рослинних олій, естерів жирних кислот та інших ліпідних компонентів, які забезпечують пом'якшувальну та захисну дію. Використання рослинних олій, зокрема олії авокадо та її похідних, сприяє відновленню ліпідного матриксу епідермісу, зменшенню трансепідермальної втрати вологи та покращенню еластичності шкіри. Активні рослинні екстракти, зокрема екстракти насіння та шкірки авокадо, підсилюють функціональні властивості засобів після гоління завдяки антиоксидантній та протизапальній дії [11, 33, 34].

Для забезпечення мікробіологічної стабільності косметичних засобів після гоління до їх складу вводять консервуючі системи, які запобігають росту бактерій, дріжджів та пліснявих грибів протягом усього терміну зберігання. Вибір консервантів залежить від рН продукту, вмісту водної фази та наявності біологічно активних компонентів. У сучасних рецептурах перевага надається комбінованим консервуючим системам, що дозволяє знизити концентрацію окремих компонентів та зменшити ризик подразнення шкіри [50, 51].

Додатковими складовими косметичних засобів після гоління є загущувачі, стабілізатори, хелатуючі агенти та антиоксиданти, які покращують текстуру продукту, підвищують його стабільність і зберігають активність інгредієнтів. Загущувачі забезпечують оптимальну в'язкість і сенсорні властивості, антиоксиданти запобігають окисній деградації ліпідів, а хелатуючі агенти підсилюють ефективність консервантів. Сукупність зазначених компонентів формує косметичний засіб після гоління з прогнозованими властивостями, високою безпечністю та відповідністю вимогам належної виробничої практики [11, 51].

Коензим Q10 (убіхінон) є біологічно активною сполукою, що бере участь у процесах клітинного енергетичного метаболізму та синтезу аденозинтрифосфату. У складі косметичних засобів після гоління коензим Q10 проявляє антиоксидантні властивості та сприяє зменшенню оксидативного стресу, який виникає внаслідок механічного ушкодження шкіри під час гоління. Його застосування сприяє підтриманню бар'єрних функцій епідермісу та створює умови для прискорення відновних процесів у клітинах шкіри [9, 12].

D-пантенол (провітамін B₅) є одним з найбільш поширених компонентів засобів після гоління завдяки вираженій зволожувальній, заспокійливій та регенеруючій дії. У шкірі пантенол перетворюється на пантотенову кислоту, яка бере участь у процесах клітинного метаболізму та репарації тканин. Його використання сприяє прискоренню епітелізації мікропошкоджень, зменшенню почервоніння та відчуття дискомфорту після гоління, а також відновленню гідроліпідного балансу епідермісу [8, 9].

Лагідні скрабуючі компоненти у складі косметичних засобів для догляду за шкірою після гоління відіграють допоміжну, але важливу роль у відновленні фізіологічного стану епідермісу. Механічне гоління призводить до часткового порушення рогового шару, накопичення ороговілих клітин та закупорювання фолікулярних протоків, що може сприяти розвитку подразнення, запальних реакцій і вростання волосся. Застосування м'якого скрабу після завершення процесів первинного загоєння сприяє делікатному видаленню залишків ороговілих клітин без травмування шкіри та покращує її мікрорельєф [9, 34].

Особливо перспективним є використання натуральних скрабуючих частинок рослинного походження, зокрема твердої фракції, отриманої в результаті комплексної переробки насіння та шкірки авокадо. Така фракція містить частинки клітинних оболонок і полісахаридні компоненти, які забезпечують м'яку абразивну дію без пошкодження епідермісу. На відміну від синтетичних абразивів або мінеральних частинок, рослинні скрабуючі елементи мають кращу біосумісність зі шкірою та не викликають мікротравм [41].

Використання лагідного скрабу у вечірньому догляді після гоління є доцільним з огляду на фізіологічні особливості шкіри, оскільки саме у нічний період активізуються процеси клітинної регенерації та репарації. М'яке механічне очищення покращує проникнення активних компонентів косметичних засобів, зокрема пантенолу, антиоксидантів та рослинних екстрактів, і сприяє підвищенню ефективності подальшого догляду [9, 34].

Таким чином, введення лагідного скрабуючого засобу або скрабуючих компонентів у систему догляду після гоління дозволяє комплексно впливати на стан шкіри, зменшувати ризик вросання волосся, покращувати текстуру епідермісу та підвищувати загальну ефективність відновлювальних косметичних засобів [34, 41].

1.5 Обґрунтування напрямку дослідження

Розробка лінійки косметичних засобів на основі активного екстракту з насіння та шкірки авокадо відповідає глобальним трендам косметичної індустрії щодо використання відходів харчового виробництва згідно з принципами циркулярної економіки [25, 33]. Щорічно у світі переробляється понад 7 мільйонів тонн авокадо, при цьому насіння та шкірка становлять 20-30 відсотків від маси плодів та переважно утилізуються як органічні відходи. Ці побічні продукти містять вищі концентрації біологічно активних речовин порівняно з м'якушем, що робить їх перспективною сировиною для косметичної промисловості [34]. Екстракти насіння та шкірки авокадо демонструють виражену антиоксидантну, протимікробну та протизапальну активність у численних дослідженнях, що підтверджує їх потенціал для створення ефективних косметичних продуктів. Споживчий попит на натуральну та екологічно відповідальну косметику постійно зростає, що створює ринкові передумови для впровадження інноваційних продуктів на основі вторинної сировини. Використання побічних продуктів переробки авокадо дозволяє знизити собівартість косметичних засобів порівняно з використанням високо очищених синтетичних активних інгредієнтів [25]. Багатофункціональність

екстрактів авокадо дозволяє створювати різноманітні косметичні форми, включаючи креми, гелі та скраби, для різних сегментів споживачів [18, 20].

Крем для тіла на основі екстракту авокадо призначений для інтенсивного живлення та зволоження сухої та зневодненої шкіри тіла, схильної до лущення та подразнень [5, 18]. Високий вміст мононенасичених жирних кислот, зокрема олеїнової кислоти, забезпечує глибоке проникнення активних речовин та відновлення ліпідного бар'єру епідермісу [32].

Фітостероли екстракту зміцнюють міжклітинний цемент рогового шару, знижуючи трансепідермальну втрату води та підвищуючи гідrataцію шкіри. Токофероли захищають мембранні ліпіди кератиноцитів від перекисного окислення, що особливо цінно для шкіри, що зазнає впливу ультрафіолету та забруднення повітря [6, 18]. Протизапальні компоненти екстракту заспокоюють подразнену шкіру після епіляції, бриття або сонячних опіків. Антиоксиданти екстракту запобігають передчасному старінню шкіри через нейтралізацію вільних радикалів, що утворюються під дією зовнішніх стресових факторів. Легка текстура крему забезпечує швидке вбирання без залишення жирного блиску, що є критичним для споживчої привабливості продукту [18, 27]. Натуральний ароматичний профіль авокадо створює приємні відчуття під час застосування без необхідності додавання синтетичних парфумів.

Гель після гоління з екстрактом авокадо розробляється для заспокоєння та регенерації шкіри після механічного подразнення під час процедури гоління. Бриття порушує цілісність рогового шару епідермісу, викликає мікротравми, запалення та сухість шкіри, що потребує негайного відновлюючого догляду. Протизапальні компоненти екстракту авокадо знижують еритему та відчуття печіння, що виникають після гоління через пошкодження капілярів дерми. Антисептична дія поліфенолів екстракту запобігає бактеріальному інфікуванню мікропорізів та зниженню ризику розвитку фолікуліту. Зволожуючі речовини екстракту компенсують втрату води, що відбувається при видаленні частини рогового шару разом з волоссям. Регенеративні властивості екстракту прискорюють загоєння мікротравм та відновлення бар'єрної функції шкіри

протягом 2-4 годин після застосування. Охолоджуюча гелева текстура створює відчуття свіжості та комфорту, знімаючи дискомфорт від подразнення. Відсутність спирту у формулі запобігає додатковому висушуванню та подразненню чутливої шкіри обличчя та шиї.

Скраб з екстрактом авокадо та природними абразивами призначений для м'якого механічного очищення шкіри від відмерлих клітин, надлишкового себуму та забруднень. Регулярне ексfolіювання рогової шкіри стимулює оновлення епідермісу, покращує текстуру та колір шкіри, підвищує ефективність наступних доглядових засобів. Подрібнені кісточка авокадо можуть використовуватися як біодеградований абразивний компонент, що повністю відповідає екологічній концепції продукту. Олія авокадо у складі скрабу пом'якшує шкіру під час механічної обробки, запобігаючи надмірному травмуванню та подразненню. Антиоксиданти екстракту нейтралізують вільні радикали, що утворюються при механічному стресі шкіри під час ексfolіації. Протизапальні компоненти знижують реактивність шкіри та запобігають появі почервоніння після процедури. Зволожуючі речовини екстракту компенсують трансепідермальну втрату води, що посилюється після видалення рогового шару. Регулярне використання скрабу покращує мікроциркуляцію в дермі через рефлекторну вазодилатацію у відповідь на механічну стимуляцію [34, с. 5].

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика предмету дослідження

Базова рецептура гелю після гоління була розроблена на основі карбомеру як гелеутворювача з додаванням спиртового екстракту шкірки авокадо як активного інгредієнта. Склад рецептури включав карбомер 940 – 1,5 %, деіонізовану воду – 50 %, спиртовий екстракт шкірки авокадо – 15 %, етиловий спирт 96% – 1 %, гліцерин – 8 %, пропіленгліколь – 2 %, алое віра гель – 5 %, D-пантенол – 1 %, алантоїн – 0,3 %, ментол – 0,2 %, Polysorbate 20 – 1 %, феноксіетанол – 0,8 %, калію сорбат – 0,2 %, ЕДТА динатрій – 0,1 %, тринатрійцитрат для нейтралізації – 0,5 %, ароматична композиція – 0,4 %.

Технологія приготування гелю починалася з диспергування карбомеру у воді при інтенсивному перемішуванні зі швидкістю 400 об./хв. протягом 15 хв. до утворення рівномірної дисперсії без грудок. Карбомер необхідно додавати до води повільно, розсипаючи порошок по поверхні рідини при постійному перемішуванні для запобігання агломерації часток. Отриману дисперсію залишали для набрякання при кімнатній температурі протягом 2 год. без перемішування, що дозволяло полімерним ланцюгам повністю гідратуватися та розгорнутися у розчині. Після набрякання карбомеру до дисперсії послідовно додавали гліцерин, пропіленгліколь, алое віра гель та інші водорозчинні інгредієнти при перемішуванні зі швидкістю 200 об./хв.

Спиртовий екстракт шкірки авокадо попередньо змішували з етиловим спиртом для зниження в'язкості та полегшення введення до водної фази. Суміш додавали до основи порціями по 50 мілілітрів при перемішуванні зі швидкістю 300 обертів на хвилину. Ментол, який має низьку розчинність у воді, попередньо розчиняли у Polysorbate 20 при температурі 40 °С та отриманий прозорий розчин додавали до основи. Нейтралізацію карбомеру проводили шляхом повільного додавання розчину тринатрійцитрату концентрацією 10 % при постійному контролі рН до досягнення значення 6,5-7,0. Процес нейтралізації супроводжувався різким зростанням в'язкості через іонізацію карбоксильних груп полімеру та формування просторової сітки. Перемішування продовжували

протягом 20 хв. після досягнення цільового рН для рівномірного розподілу всіх компонентів та стабілізації структури гелю.

Готовий гель мав прозоре зеленувато-жовте забарвлення завдяки присутності хлорофілу та каротиноїдів у екстракті шкірки авокадо. Показник кислотності рН становив 6,8 за вимірюваннями при температурі 25 °С, що забезпечує м'яку дію на подразнену після гоління шкіру. Динамічна в'язкість гелю становила 12000 мілліпаскаль-секунд при швидкості зсуву 20 зворотних секунд за вимірюваннями на ротаційному віскозиметрі. Граничне напруження зсуву дорівнювало 85 Па, що забезпечує стійкість гелю до самовільного витікання з упаковки. Час вбирання гелю у шкіру становив 25 с при нанесенні 0,5 г продукту на ділянку передпліччя площею 25 см². Охолоджуючий ефект від ментолу тривав 5-7 хв. після нанесення, забезпечуючи комфортне відчуття свіжості.

У якості вихідної сировини були продукти екстрагування насіння та шкірки авокадо сорту *Hass*, отримані з використанням спиртових-водно розчинників різної полярності. До складу косметичних засобів входили екстракти та екстракт-суспензії.

Насіння авокадо є центральною кістянкою плоду та становить у середньому 13–18 % його загальної маси залежно від сорту та ступеня стиглості. Свіже насіння характеризується щільною структурою з початковою вологістю 45–55 %. Зовнішній шар насіння представлений твердою оболонкою коричневого кольору, тоді як внутрішня частина має світле, кремово-жовте забарвлення. Хімічний склад насіння включає значну частку крохмалю (25–35 %), білкові речовини (1,5–2,5 %), ліпіди (0,5–1,5 %), а також поліфенольні сполуки, дубильні речовини та флавоноїди, що зумовлює його високу біологічну активність [6, 34].

Шкірка авокадо являє собою екзокарп плоду, товщина якого коливається в межах 0,5–2,0 мм. Для сорту *Hass* характерне темно-зелене до чорно-фіолетового забарвлення та виражена горбкувата текстура поверхні. У складі шкірки

переважають хлорофіли, каротиноїди, фенольні кислоти, флавоноїди та клітковина, яка формує механічний каркас тканини та визначає її абразивні властивості [25, 37].

Сировину для досліджень заготовляли шляхом механічного відокремлення насіння та шкірки від м'якуша плодів авокадо, придбаних у роздрібних торговельних мережах м. Києва у весняний період 2024 року. Насіння після відділення ретельно промивали проточною водою для видалення залишків м'якуша, після чого знімали зовнішню оболонку та розрізали на декілька фрагментів з використанням інструментів з нержавіючої сталі. Подрібнення насіння здійснювали на лабораторному млині до розміру часток 0,03–0,05 мм, що забезпечувало збільшення питомої поверхні контакту з екстрагентом.

Шкірку авокадо відокремлювали вручну, промивали холодною водою та подрібнювали до фрагментів розміром 2–3 мм для полегшення подальшої обробки. Сушіння підготовленої сировини проводили у сушильній шафі при температурі 38–40 °C протягом 12–16 годин до досягнення залишкової вологості 8–10 %. Висушену сировину зберігали у паперових пакетах у темному сухому приміщенні при температурі 18–22 °C та відносній вологості повітря не вище 60 %. Перед проведенням екстрагування вологість сировини контролювали за допомогою вологоміра з метою стандартизації технологічного процесу.

У межах розробки лінійки косметичних засобів передбачалося отримання трьох типів продуктів екстракції з різними функціональними властивостями та напрямками використання. Спиртовий екстракт насіння авокадо призначався для введення до складу кремів завдяки високому вмісту антиоксидантних та антимікробних сполук. Спиртовий екстракт шкірки планувався для використання у гелях після гоління, оскільки містить пігменти та біологічно активні речовини із заспокійливою та протизапальною дією. Водна екстракт-суспензія, отримана після повторної обробки відпрацьованої сировини, розглядалася як потенційний абразивний компонент скрабів у зв'язку з наявністю клітковини, крохмалю та нерозчинних полісахаридів.

Комплексний підхід до переробки насіння та шкірки авокадо дозволив максимально залучити всі фракції рослинної сировини, зменшити кількість відходів та підвищити технологічну й економічну ефективність виробництва. Диференційоване використання розчинників різної полярності забезпечувало селективне вилучення окремих груп біологічно активних речовин, а стандартизація екстрактів за маркерними компонентами гарантувала стабільність якості косметичних засобів у серійному виробництві [28].

2.2 Характеристика методів досліджень

Методика отримання продуктів екстракції насіння та шкірки авокадо

У ході виконання магістерської роботи були отримані екстракти з насіння та шкірки авокадо (*Persea americana*), а також допоміжні матеріали та речовини, необхідні для проведення процесів екстрагування, концентрування та підготовки екстрактів до використання у складі косметичних засобів після гоління.

Як основну рослинну сировину використовували насіння та шкірку стиглих плодів авокадо сорту *Hass*, що утворюються як побічні продукти харчової переробки. Сировина перед використанням проходила вхідний контроль, який включав візуальну оцінку, перевірку на відсутність ознак плісняви, гниття, сторонніх запахів та механічних домішок. Допускалася лише свіжа або належним чином висушена сировина, що відповідала вимогам належної виробничої практики та санітарно-гігієнічним нормам [51].

Для проведення екстрагування використовували екстрагенти різної полярності, зокрема очищену воду, водно-спиртові суміші та рослинну олію, що дозволяло отримувати екстракти з різним спектром біологічно активних речовин. Вибір екстрагенту здійснювали з урахуванням природи цільових компонентів та подальшого призначення екстракту у складі косметичних засобів [6, 30, 34].

У процесі дослідження були отримані рідкі екстракти, а також екстракти-суспензії, що містили розчинені біологічно активні сполуки разом із дисперсною твердою фазою. До складу таких систем входили поліфенольні сполуки, флавоноїди, каротиноїди, залишкові ліпіди та полісахариди рослинного

походження, що зумовлює їх багатофункціональні властивості та можливість подальшого фракціонування [25, 36, 37].

Допоміжними матеріалами дослідження були фільтрувальні матеріали для механічної та мембранної фільтрації, а також реагенти для підготовки екстрактів до подальшого концентрування. Для зменшення мікробіологічного навантаження та стабілізації екстрактів застосовували стандартні технологічні прийоми, рекомендовані для косметичної сировини рослинного походження [48, 49].

Отримані екстракти використовувалися як модельні інгредієнти для подальшого вивчення їх стабільності, технологічної придатності та можливості застосування у складі косметичних засобів після гоління. Використання насіння та шкірки авокадо як сировини дозволяє реалізувати принципи раціонального використання ресурсів та циркулярної економіки, що відповідає сучасним тенденціям розвитку косметичної промисловості [25, 37].

Первинну спиртову екстракцію насіння та шкірки авокадо проводили окремо для кожного виду рослинної сировини із застосуванням водно-спиртового розчину, що містив 70 % етанолу та 30 % води (об.). Зазначений склад екстрагента є оптимальним для вилучення поліфенольних сполук, флавоноїдів та інших вторинних метаболітів рослинного походження, що підтверджено даними літературних джерел щодо екстракції біологічно активних речовин з насіння та шкірки авокадо [6, 34, 37].

Подрібнену та попередньо висушену сировину у кількості 100 г завантажували у скляну колбу об'ємом 1000 мл та заливали 500 мл екстрагента, забезпечуючи співвідношення сировина : розчинник 1:5. Екстракцію здійснювали методом мацерації при температурі 20–22 °C протягом 48 годин з періодичним перемішуванням кожні 8 годин з метою інтенсифікації масообміну між твердою та рідкою фазами. Аналогічні умови застосовували для екстрагування подрібненої шкірки авокадо, що дозволяло забезпечити порівнюваність отриманих екстрактів.

Після завершення мацерації екстракти відокремлювали від твердого залишку шляхом фільтрування через паперовий фільтр. Одержані фільтрати піддавали додатковій ультразвуковій обробці в ультразвуковій ванні потужністю 300 Вт при частоті 40 кГц протягом 30 хвилин. Використання ультразвуку сприяло руйнуванню клітинних оболонок рослинної сировини та додатковому вилученню внутрішньоклітинних компонентів за рахунок кавітаційних ефектів, що відповідає сучасним підходам до інтенсифікації екстракційних процесів [36, 37].

Після ультразвукової обробки екстракти центрифугували при швидкості 4000 об/хв протягом 20 хвилин з метою осадження зважених часток та грубодисперсних фракцій. Надосадову рідину обережно декантували та додатково фільтрували через мембранні фільтри з розміром пор 0,45 мкм для отримання прозорих розчинів, придатних для подальшого концентрування та введення до складу косметичних засобів [44].

Очищений спиртовий екстракт насіння авокадо характеризувався темно-коричневим забарвленням і терпким запахом, що зумовлено високим вмістом дубильних речовин і поліфенольних сполук. Спиртовий екстракт шкірки мав зеленувато-коричневий відтінок, обумовлений наявністю хлорофілів та каротиноїдів, стабільних у водно-спиртовому середовищі. Вихід сухих речовин у спиртових екстрактах залежно від типу сировини та ступеня її подрібнення становив 8–12 %, що узгоджується з даними інших досліджень екстрактів авокадо [6, 30].

Осад, отриманий після центрифугування екстрактів насіння та шкірки, об'єднували для проведення повторної водної екстракції з метою вилучення залишкових водорозчинних компонентів та отримання екстракту-суспензії. Відпрацьовану сировину заливали дистильованою водою у співвідношенні 1:4 та екстрагували при температурі 50 °С і зниженому тиску 0,5 атм протягом 3 годин. Застосування зниженого тиску сприяло видаленню залишкового етанолу та зменшенню термічного навантаження на рослинну сировину, що є важливим для збереження її структурних компонентів [45].

Після завершення водної екстракції отриману суспензію охолоджували до кімнатної температури та піддавали грубому фільтруванню через металеве сито з розміром отворів 0,5 мм. У результаті утворювалася пастоподібна маса світло-коричневого кольору з включеннями частинок клітковини розміром 0,1–0,5 мм. Суспензія містила крохмаль, нерозчинні полісахариди, целюлозу та геміцелюлозу, що дозволяло розглядати її як природний абразивний компонент для косметичних скрабів, отриманий у межах комплексної переробки сировини [6, 38].

Концентрування спиртового екстракту насіння авокадо проводили на роторному випарнику під вакуумом з метою зниження концентрації етанолу до 5 % та отримання концентрованого екстракту для косметичного застосування. Випаровування здійснювали при температурі водяної бані 45 °С і тиску 50 мбар з обертанням колби зі швидкістю 80 об/хв, що забезпечувало формування тонкої плівки рідини та інтенсифікацію процесу масообміну. Такий режим дозволяв мінімізувати термічну деградацію біологічно активних речовин екстракту [29, 45].

Отриманий концентрат мав сиропоподібну консистенцію, темно-коричневе забарвлення та вміст сухих речовин на рівні 40–45 %. Концентрований екстракт зберігали у герметично закритих темних скляних флаконах при температурі 4–6 °С. За дотримання встановлених умов зберігання термін придатності концентрату становив до 6 місяців, що відповідає загальним вимогам до зберігання екстрактів рослинного походження для косметичних цілей [21, 51].

Таблиця 2.1 – Параметри технологічного процесу отримання екстрактів з насіння та шкірки авокадо

| Етап процесу | Обладнання | Температура, °С | Тиск, атм | Тривалість | Співвідношення сировина:розчинник |
|--------------|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-------|------|-----------|-----|
| Підготовка сировини | Лабораторний млин | 20-22 | 1,0 | 15-20 хв. | – |
| Спиртова екстракція насіння | Скляна колба 1000 мл | 20-22 | 1,0 | 48 год. | 1:5 |
| Спиртова екстракція шкірки | Скляна колба 1000 мл | 20-22 | 1,0 | 48 год. | 1:5 |
| Ультразвук ова обробка | Ультразвукова ванна 300 Вт | 20-25 | 1,0 | 30 хв. | – |
| Центрифугування | Лабораторна центрифуга | 20-22 | 1,0 | 20 хв. | – |
| Фільтрування | Мембранний фільтр 0,45 мкм | 20-22 | 1,0 | 30-40 хв. | – |
| Повторна водна екстракція | Реактор з рубашкою | 50 | 0,5 | 3 год. | 1:4 |
| Концентрування екстракту | Роторний випарник | 45 | 0,05 | 2-3 год. | – |

Методи визначення складу продуктів екстракції насіння та шкірки авокадо

Визначення загального вмісту поліфенольних сполук у спиртових екстрактах насіння та шкірки авокадо проводили спектрофотометричним методом з використанням реактиву Фоліна–Чокальтеу, який ґрунтується на окисно-відновній взаємодії фенольних гідроксильних груп з фосфомолібденово-фосфвольфрамовим комплексом реактиву. До 0,5 мл попередньо розведеного

екстракту додавали 2,5 мл реактиву Фоліна–Чокальтеу, суміш перемішували та витримували протягом 5 хвилин для ініціації реакції. Після цього вносили 2,0 мл 7,5 %-го розчину натрію карбонату та інкубували реакційну суміш у темряві при кімнатній температурі протягом 60 хвилин до повного розвитку синього забарвлення. Оптичну густина вимірювали на спектрофотометрі при довжині хвилі 765 нм відносно холостої проби, що містила всі реактиви, окрім екстракту [11, с. 564]. Калібрувальну криву будували за стандартними розчинами галової кислоти з концентраціями 10–100 мкг/мл. Результати виражали у міліграмах еквівалента галової кислоти на грам сухого екстракту. Метод характеризувався високою чутливістю та відтворюваністю; відносне стандартне відхилення не перевищувало 5 % при п'яти паралельних визначеннях [6, 26, 37].

Антиоксидантну активність екстрактів визначали методом нейтралізації стабільного вільного радикала 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилу (DPPH). До 1,0 мл екстракту, розведеного 96 %-м етанолом, додавали 2,0 мл розчину DPPH концентрацією 0,1 ммоль/л. Реакційну суміш інкубували у темряві при кімнатній температурі протягом 30 хвилин, після чого вимірювали оптичну густина при довжині хвилі 517 нм. Зменшення інтенсивності фіолетового забарвлення розчину було пропорційним антиоксидантній активності екстракту. Відсоток інгібування радикала розраховували за стандартною формулою, а концентрацію екстракту, що забезпечувала 50 %-ве інгібування (IC_{50}), використовували як кількісний показник антиоксидантної активності. Як позитивний контроль застосовували аскорбінову кислоту або токоферол відомої концентрації. Метод широко використовується для оцінки антиоксидантного потенціалу рослинних екстрактів та рекомендований для аналізу екстрактів авокадо [7, 25, 29].

Вміст флавоноїдів у спиртових екстрактах визначали спектрофотометричним методом з використанням хлориду алюмінію, що утворює забарвлені комплекси з флавоноїдними сполуками у слабколужному середовищі. До 0,5 мл розведеного екстракту додавали 1,5 мл 96 %-го етанолу, 0,1 мл 10 %-го розчину хлориду алюмінію, 0,1 мл 1 М розчину натрію ацетату та 2,8 мл дистильованої води. Суміш ретельно перемішували та інкубували при

кімнатній температурі протягом 40 хвилин. Оптичну густина вимірювали при довжині хвилі 415 нм відносно холостої проби без додавання хлориду алюмінію[34]. Калібрувальний графік будували з використанням стандартних розчинів кверцетину концентрацією 5–50 мкг/мл. Вміст флавоноїдів виражали у міліграмах еквівалента кверцетину на грам сухого екстракту. Відносна похибка методу не перевищувала 7 %, що є прийнятним для аналізу рослинної сировини та екстрактів [28, с. 567].

Мікробіологічну чистоту отриманих екстрактів оцінювали шляхом визначення загального числа мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів методом глибинного посіву на поживні середовища. Зразки екстрактів попередньо розводили стерильним фізіологічним розчином у співвідношеннях 1:10, 1:100 та 1:1000. По 1 мл кожного розведення вносили у стерильні чашки Петрі та заливали 15–20 мл м'ясо-пептонного агару, охолодженого до 45 °С. Після застигання середовища чашки інкубували при температурі 30 °С протягом 72 годин у перевернутому положенні. Підрахунок колоній проводили у чашках з кількістю колоній 30–300, після чого розраховували загальне мікробне число з урахуванням коефіцієнта розведення. Для косметичних субстанцій допустимим вважали загальне мікробне число не більше 1000 КУО/г за відсутності патогенних мікроорганізмів, що відповідає чинним вимогам до безпечності косметичної продукції та принципам належної виробничої практики [21, с. 250, 51].

Таблиця 2.2 – Методи аналізу та характеристики продуктів екстракції

| Показник | Метод визначення | Реагент/Обла д-нання | Довжина хвилі, нм | Одиниці виміру |
|------------------------|---|---|----------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Загальні поліфеноли | Спектрофотометрія з реактивом Фоліна- Чокальтеу | Реактив Фоліна- Чокальтеу, Na ₂ CO ₃ | 765 | мг ЕГК/г |

| | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-----|---------------------------------|
| Антиоксидант на активність | Метод DPPH | 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил | 517 | % інгібування, IC ₅₀ |
| Флавоноїди | Спектрофотометрія з AlCl ₃ | Алюмінію хлорид, натрію ацетат | 415 | мг ЕК/г |
| Мікробіологіч на чистота | Посів на поживні середовища | Мясо-пептонний агар | – | КУО/г |
| Вміст сухих речовин | Гравіметричний метод | Сушильна шафа | – | % |
| pH екстрактів | Потенціометрія | pH-метр | – | од. pH |
| Густина | Денситометрія | Денситометр | – | г/см ³ |
| Показник заломлення | Рефрактометрія | Рефрактометр Аббе | – | од. показника |

Методи дослідження косметичних засобів

Органолептичну оцінку готових косметичних засобів проводили шляхом визначення зовнішнього вигляду, кольору, запаху, консистенції та однорідності згідно з вимогами державних стандартів на косметичну продукцію. Зовнішній вигляд оцінювали візуально у прозорій скляній посудині при денному освітленні, звертаючи увагу на наявність або відсутність розшарування, осаду, стороннього включення та бульбашок повітря. Колір визначали порівнянням зі стандартною колірною шкалою або еталонними зразками, фіксуючи відтінок та інтенсивність забарвлення продукту. Запах оцінювали при кімнатній температурі 20-22 градуси Цельсія шляхом нанесення невеликої кількості засобу на скло та вдихання летких компонентів з відстані 10-15 сантиметрів. Консистенцію визначали шляхом перемішування зразка скляною паличкою та оцінки опору деформації, а також шляхом нанесення краплі продукту на скло під кутом 45 градусів для спостереження за характером розтікання. Однорідність перевіряли

розтиранням невеликої кількості засобу між двома предметними стеклами та розглядаючи препарат на просвіт або під мікроскопом при збільшенні 50-100 разів для виявлення нерозчинних включень або агломератів часток [22, с. 96].

Визначення реологічних властивостей косметичних емульсій та гелів проводили на ротаційному віскозиметрі Брукфільда при температурі 25 градусів Цельсія з використанням шпинделів різної геометрії. Зразок термостатували при заданій температурі протягом 15 хвилин перед вимірюванням для вирівнювання температури по всьому об'єму. Вимірювання в'язкості проводили при різних швидкостях обертання шпинделя від 0,5 до 100 обертів на хвилину для побудови кривої течії та визначення типу реологічної поведінки. Динамічну в'язкість виражали у мілліпаскаль-секундах або сантипуазах при конкретній швидкості зсуву для можливості порівняння результатів. Псевдопластичні системи характеризувалися зниженням в'язкості зі збільшенням швидкості зсуву, що є бажаною властивістю для косметичних продуктів, оскільки забезпечує легке нанесення та рівномірне розподілення по шкірі. Тиксотропні властивості оцінювали шляхом циклічного збільшення та зменшення швидкості зсуву з реєстрацією площі петлі гістерезису на кривій течії. Граничну напругу зсуву визначали екстраполяцією лінійної ділянки кривої течії до перетину з віссю напруги зсуву, що характеризувало мінімальне зусилля для початку течії продукту. Температурну стабільність реологічних властивостей перевіряли повторним вимірюванням в'язкості після витримання зразків при температурах 5, 25 та 45 градусів Цельсія протягом 24 годин.

Визначення водневого показника косметичних засобів здійснювали потенціометричним методом на рН-метрі з скляним електродом після калібрування приладу за стандартними буферними розчинами. Зразок кількістю 5 грамів розчиняли або диспергували у 50 мілілітрах дистильованої води, нагрітої до 25 градусів Цельсія, та перемішували протягом 5 хвилин до утворення однорідної суспензії. Електроди рН-метра занурювали у підготовлений розчин та фіксували значення рН після стабілізації показань приладу протягом 1-2 хвилин. Вимірювання проводили у трьох паралельних

пробах для кожного зразка та розраховували середнє арифметичне значення з точністю до 0,1 одиниці рН. Оптимальний діапазон рН для косметичних засобів для шкіри становить 4,5-6,5, що відповідає природній кислотності шкірного покриву та забезпечує стабільність бар'єрної функції епідермісу. Відхилення рН від оптимального діапазону може призводити до подразнення шкіри, порушення мікробіому та дестабілізації косметичної композиції внаслідок гідролізу емульгаторів або деградації активних інгредієнтів. Контроль рН проводили на етапі виробництва та після зберігання продукту протягом 1, 3 та 6 місяців для оцінки стабільності показника у часі [30, с. 7].

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження оптимальних умов екстракції різних частин сировини

Процес отримання екстрактів розпочинався з підготовки сировини шляхом механічного відокремлення насіння від м'якуша плодів авокадо та подальшого подрібнення. На цьому етапі максимально важливо розділити вхідну сировину за її сплістю, так як недозріле авокадо. Використовується на заморожений напівфабрикат, а перезрівши с пюре гуакамолє. Тому не стиглий плід буде мати насичений колір зелений колір пов'язаний з хлорофілом, та менший вміст, дубильних речовин в шкірці, та насінні в цілому. Проте перезрівши авокадо буде мати кращі органолептичні, показники пере переробки, м'якоті та, насіння.

Насіння очищали від залишків м'якуша під струменем холодної води температурою 15-18 °С, видаляли коричневу оболонку та розрізали на чотири частини гострим ножем з нержавіючої сталі. Подрібнення проводили у лабораторному млині роторного типу з частотою обертання 12000 обертів на хвилину до досягнення розміру часток 0,03-0,05 міліметрів. Отриманий порошок насіння мав світло-кремовий колір з коричневим відтінком та характерний терпкий запах. Шкірку авокадо відокремлювали від м'якуша вручну, промивали холодною водою та нарізали на фрагменти розміром 2-3 міліметри. Висушування подрібненої сировини проводили у сушильній шафі при температурі 38-40 °С протягом 12-16 годин до досягнення залишкової вологості 8-10 відсотків.

Спиртову екстракцію насіння проводили шляхом завантаження 100 грамів подрібненої сировини у скляну колбу об'ємом 1000 мл та заливання 500 мл водно-спиртового розчину концентрацією 70 відсотків етанолу. Мацерацію проводили при кімнатній температурі 20-22 градуси Цельсія протягом 48 годин з періодичним перемішуванням кожні 8 годин за допомогою магнітної мішалки зі швидкістю 200 обертів на хвилину протягом 5 хвилин. Після завершення мацерації екстракт фільтрували через паперовий фільтр марки Whatman номер 1 для відокремлення твердого залишку від рідкої фази. Отриманий спиртовий екстракт насіння мав темно-коричнє забарвлення з інтенсивним терпким запахом та густину 0,92 грама на кубічний сантиметр при температурі 20 °С.

Екстракцію шкірки авокадо здійснювали аналогічним методом з використанням 100 грамів сировини та 500 мл водно-спиртового розчину. Спиртовий екстракт шкірки після фільтрування мав зеленувато-коричневе забарвлення через присутність хлорофілу та каротиноїдів. Вихід сухих речовин у спиртовому екстракті насіння становив 11,8 відсотків, у екстракті шкірки – 9,3 відсотки від маси вихідної сировини.

Ультразвукову обробку отриманих екстрактів проводили у ванні потужністю 300 Вт з робочою частотою 40 кілогерц протягом 30 хвилин для додаткової екстракції та руйнування клітинних структур. Температура води у ванні підтримувалася на рівні 22-25 °C за допомогою системи охолодження для запобігання перегріву екстрактів та деградації термолабільних сполук. Кавітаційні явища під дією ультразвукових коливань сприяли руйнуванню клітинних стінок та інтенсифікували масоперенос біологічно активних речовин у розчин. Центрифугування екстрактів проводили на лабораторній центрифугі при швидкості 4000 обертів на хвилину протягом 20 хвилин для осадження зважених часток та залишків клітковини. Надосадову рідину обережно декантували у чисті колби та піддавали подальшому фільтруванню через мембранні фільтри з розміром пор 0,45 мікрметра. Профільтровані екстракти мали прозоре забарвлення без видимих зважених часток при розгляді у прохідному світлі.

Повторну водну екстракцію відпрацьованої сировини проводили для максимального вилучення біологічно активних речовин та отримання суспензії для використання у складі скрабу. Об'єднаний осад з насіння та шкірки після центрифугування переносили у реактор з водяною рубашкою об'ємом 2000 мілілітрів та заливали дистильованою водою при співвідношенні сировина до води 1 до 4. Екстракцію проводили при температурі 50 °C та зниженому тиску 0,5 атмосфери протягом 3 годин при постійному перемішуванні зі швидкістю 150 обертів на хвилину. Знижений тиск дозволяв видалити залишковий етанол, концентрація якого у відпрацьованій сировині становила приблизно 15 відсотків після першої екстракції. Випарений етанол конденсували у холодильнику з

температурою охолоджуючої води 5-8 °С та збирали для подальшої рециркуляції. Після завершення водної екстракції суспензію охолоджували до кімнатної температури зі швидкістю 2-3 градуси на хвилину та проводили грубе фільтрування через металеве сито з розміром отворів 0,5 міліметрів. Отримана густа суспензія мала пастоподібну консистенцію світло-коричневого кольору з включенням фрагментів клітковини розміром 0,1-0,5 міліметрів, придатних для використання як абразивні частинки у складі скрабу.

Також було замітино масло авокадо, яке виділилось та покрило плівку суспензію. Що дало змогу її відібрати та вилучити її від подальших досліджень. Однак можливо, при виробництві такого продукту як скраб, можна залишати масляну плівку так, як невелика її кількість не буде погіршувати косметичний засіб, а навпаки буде приємним при контакті зі шкірою. Що є перспективним подальшим дослідженням.

Концентрування спиртового екстракту насіння проводили на роторному випарнику марки Heidolph Hei-VAP Value під вакуумом для зниження концентрації етанолу до 5 відсотків та підвищення концентрації біологічно активних речовин. Екстракт нагрівали до температури 45°C при тиску 500-50 мілібарів для забезпечення м'якого режиму випаровування без термічної деградації поліфенолів. Вакуумний насос забезпечував випаровування етанолу при температурі нижче його нормальної температури кипіння, що дозволяло зберегти термолабільні компоненти. Колбу обертали зі швидкістю 80 обертів на хвилину для утворення тонкої плівки рідини на внутрішній поверхні та інтенсифікації процесу випаровування. Процес концентрування тривав 2 год. 45 хв. до досягнення густини 1,048 г/см³ при температурі 20°C. Вміст сухих речовин у концентраті становив 43,2 % за результатами гравіметричного визначення після висушування при температурі 105°C до постійної маси. Отриманий концентрат мав густу сиропоподібну консистенцію темно-коричневого кольору з червонуватим відблиском при розгляді у прохідному світлі. В'язкість концентрату при температурі 20°C становила 2850 міліпаскаль-секунд за вимірюваннями на ротаційному віскозиметрі. Показник кислотності рН

концентрату дорівнював 4,3 за вимірюваннями на рН-метрі марки Mettler Toledo SevenCompact.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні характеристики отриманих екстрактів

| Показник | Спиртовий екстракт насіння | Спиртовий екстракт шкірки | Концентрат насіння | Водна суспензія |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Колір | Темно-коричневий | Зеленувато-коричневий | Темно-бурий | Світло-коричневий |
| Запах | Терпкий | Трав'янистий | Інтенсивний терпкий | Слабкий |
| Прозорість | Прозорий після фільтрації | Прозорий після фільтрації | Непрозорий | Непрозора суспензія |
| Густина, г/см ³ | 0,920 | 0,915 | 1,048 | 1,125 |
| Показник заломлення | 1,364 | 1,362 | 1,428 | 1,385 |
| В'язкість, мПа·с | 1,85 | 1,72 | 2850 | 8500 |
| рН | 5,2 | 5,6 | 4,3 | 5,8 |
| Вміст сухих речовин, % | 11,8 | 9,3 | 43,2 | 38,0 |
| Концентрація етанолу, % | 68,5 | 69,2 | 5,0 | До 0.5 |
| Вихід екстракту, % | 54,9 | 43,9 | 49,7 | 89,3 |

Фізико-хімічні характеристики отриманих екстрактів свідчать про успішність процесів екстракції та концентрування. Густини екстрактів перебували у діапазоні 0,915-1,125 г/см³, що узгоджується з літературними даними для спиртово-водних та водних екстрактів рослинної сировини [2, 6, 18].

Показники кислотності знаходилися у слабкокислому діапазоні від 4,3 до 5,8, що забезпечує стабільність біологічно активних речовин та відповідає вимогам до косметичної сировини. Вміст сухих речовин у концентраті досягав 43,2 %, що дозволяє використовувати його як активний інгредієнт косметичних засобів у концентраціях 2-5 відсотків від загальної маси продукту [3, 7, 48]. Водна суспензія з вмістом сухих речовин 38,0 відсотки та в'язкістю 8500 міліпаскаль-секунд придатна для використання у складі скрабуючих засобів завдяки наявності абразивних часток клітковини та залишковому вмісту біологічно активних речовин.

У межах дослідження також було проведено експериментальні роботи, спрямовані на вивчення можливостей збереження та стабілізації цільового зеленого компонента екстракту як природного барвника для косметичних кремів та засобу надання привабливого відтінку прозорим і напівпрозорим емульсійним системам.

Під час зберігання та обробки екстрактів встановлено, що при нагріванні вище 50 °C спостерігається потемніння екстракту, що пов'язано з деградацією хлорофілу та утворенням продуктів його окиснення. Така зміна кольору розцінюється як негативний органолептичний показник, особливо для світлих та прозорих кремів, де важливими є чистота відтінку та візуальна прозорість продукту.

Для підвищення стабільності зеленого кольору екстракти піддавали фільтруванню з використанням фільтрів пористістю 0,45–1,0 мкм, що дозволяло зменшити кількість механічних домішок і частково деградованих пігментів без суттєвої втрати інтенсивності забарвлення. Також було досліджено можливість фіксації кольору шляхом використання полярних розчинників, зокрема гліцерину та пропіленгліколю, які знижують активність води та можуть додатково виконувати роль стабілізаторів і консервантів.

Водночас враховано, що введення гліцерину або пропіленгліколю до складу косметичних кремів може знижувати комфортність використання засобів у холодну пору року через їх гігроскопічні властивості. У зв'язку з цим

перспективним є застосування концентрованого екстракту з вмістом сухих речовин близько 30 %, який може використовуватися як універсальний напівфабрикат без обов'язкового введення додаткових поліолів у кінцеву рецептуру.

У ході експерименту також встановлено, що хлорофіл може частково переходити у жирну фазу, що дає змогу регулювати інтенсивність зеленого забарвлення та отримувати більш прозорий водний екстракт. Такий підхід є доцільним для створення гелів після гоління та легких прозорих косметичних форм, де надмірна інтенсивність кольору є небажаною.

Нагрівання до 50 °C у нашому експерименті було виконано не «випадково», а як контрольний температурний режим для отримання екстрактив із параметрами, зіставними з типовими технологічними підходами, описаними в літературі. У роботах, присвячених виготовленню та випробуванню кремів/гелів із екстрактами насіння або шкірки авокадо, часто застосовуються помірні температурні режими під час підготовки екстрактів або введення їх у косметичні системи, оскільки це забезпечує достатню інтенсифікацію масообміну та одночасно знижує ризик деградації чутливих пігментів і антиоксидантів схожі дослідження були проведені в наступних джерелах. (30, 31, 33, 34). Саме тому режим 50 °C був обраний як межовий для порівняння «теплого» та «м'якого» підходів. При цьому встановлено, що нагрівання екстракту вище 50 °C призводить до потемніння (втрата «чистого» зеленого відтінку), що вважається негативним органолептичним показником для світлих і прозорих систем, зокрема гелів після гоління [25, 33].

3.2 Дослідження органолептичних показників косметичних засобів

Оцінювання органолептичних показників розроблених косметичних засобів проводили із залученням контрольної оціночної групи, сформованої з урахуванням різного споживчого досвіду та індивідуальних підходів до використання доглядової косметики. До складу групи увійшли 4 особи: три чоловіки віком від 20 до 25 років та одна жінка віком 22 роки.

До контрольної групи входила жінка 22 років, яка регулярно користується доглядовою косметикою та витрачає понад 200 доларів США на місяць на косметичні засоби, що дозволило залучити учасника з високим рівнем обізнаності щодо органолептичних властивостей і споживчих характеристик косметичної продукції. Також у дослідженні брав участь чоловік 25 років, який у повсякденному житті використовує виключно функціональні косметичні засоби, а застосування доглядової косметики має для нього утилітарний характер, що дало змогу оцінити продукт з позиції мінімальних очікувань споживача.

Окрему увагу приділено оцінці косметичного засобу чоловіком 22 років, який протягом останніх трьох місяців мав проблеми зі шкірою та звертався за консультацією до лікаря, який рекомендував використання спеціалізованої косметики. У межах дослідження даний учасник розглядав розроблений засіб як потенційну альтернативу лікувально-дерматологічній косметиці, що дозволило оцінити продукт з позиції цільового споживача чоловічої доглядової косметики з підвищеними вимогами до якості та переносимості. Четвертим учасником був чоловік 20 років, який з косметичних засобів використовує переважно лише шампунь, що дало змогу включити до дослідження споживача з мінімальним косметичним досвідом.

Таким чином, склад контрольної групи був підібраний таким чином, щоб забезпечити достатню валідність органолептичної оцінки за рахунок поєднання учасників з різним рівнем споживчого досвіду, очікувань та вимог до косметичних засобів.

Під час дослідження органолептично оцінювали такі показники: зовнішній вигляд, колір, запах, легкість нанесення, швидкість вбирання та рівність тону після нанесення. Оцінювання проводили за бальною шкалою з подальшим визначенням середніх значень для кожного показника, що дозволило провести порівняльний аналіз зразків косметичних засобів та виявити найбільш збалансовані за споживчими властивостями варіанти.

Характеристика досліджуваних зразків

Для проведення порівняльної органолептичної оцінки було обрано **п'ять косметичних засобів після гоління**, які відрізняються за складом, ціновим сегментом, цільовим призначенням та формою випуску. Такий підбір зразків дозволив оцінити розроблений гель «Морозне авокадо» у широкому контексті сучасного ринку засобів після гоління — від мас-маркету до преміального сегменту.

До дослідження включено:

– ***розроблений змивний гель після гоління «Морозне авокадо»;***

Склад: вода деіонізована, екстракт шкірки авокадо, екстракт насіння авокадо, гліцерин, спирт етиловий 96%, алое вера гель, пропіленгліколь, карбомер 940, полісорбат 20, d-пантенол, феноксіетанол, залишкова фракція після перегонки авокадо, тринатрійцитрат, алантоїн, калію сорбат, аромакомпозиція, ментол, едта динатрій.

– ***прототип гелю з екстрактом авокадо;***

Склад: вода деіонізована, екстракт шкірки авокадо, екстракт насіння авокадо, гліцерин, спирт етиловий 96%, алое вера гель, пропіленгліколь, карбомер 940, полісорбат 20, d-пантенол, феноксіетанол, тринатрійцитрат, алантоїн, калію сорбат, аромакомпозиція, ментол, едта динатрій.

– ***гель після гоління Eveline Anti-Stress Q10;***

Склад: Aqua, Mentha Piperita Leaf Extract, Glycerin, PEG-12 Dimethicone, PEG-40 Hydrogenated Castor Oil, Allantoin, Aloe Barbadensis Leaf Juice, Chamomilla Recutita Leaf Extract, Acrylates/C10-30 Alkyl Acrylate Crosspolymer, Triethanolamine, Parfum, Benzyl Alcohol, Methylchloroisothiazolinone, Methylisothiazolinone.

– ***молочко після гоління Mary Babe No Drama Shaving;***

Склад: Water, Cocamidopropyl Betaine, Glycerin, PEG-40 Hydrogenated Castor Oil, Sorbitol, Hydroxyethylcellulose, Aloe Barbadensis Leaf Juice, Propylene Glycol, Phenoxyethanol, EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid), Aroma, CI 12490.

– бальзам після гоління Vichy Homme для чутливої шкіри.

Склад: Vichy (Франція) Aqua/water / eau, dimethicone, glycerin, zea mays starch, isohexadecane, sorbitan stearate, dextrin, eperua falcata bark extract, calcium pantetheine sulfonate, citric acid, lactic acid, trisidium ethylenediamine disuccinate, stearyl alcohol, ammonium polyacryldimethyltauramide, caprylyl glycol, c13-14 isoparaffin, laureth-7, poloxamer 338, polyacrylamide, sucrose cocoate.

Короткий опис зразків

Зразок 1 – «Морозне авокадо» (авторський змивний гель після гоління).

Гель на водній основі з використанням екстракту шкірки та насіння авокадо, зволожувальних і заспокійливих компонентів (алое вера, D-пантенол, алантоїн), а також охолоджувального агента (ментол). Формула орієнтована на функціональність, прозорість і легке змивання, що є важливим для чоловічих засобів щоденного використання.

Зразок 2 – Прототип гелю з екстрактом авокадо.

Експериментальний варіант гелю, використаний як проміжна форма для порівняння впливу концентрації екстракту та стабілізації кольору на органолептичні показники.

Зразок 3 – Eveline Anti-Stress Q10 (мас-маркет сегмент).

Гель після гоління з ментолом, алое вера, алантоїном та екстрактами ромашки і м'яти. Характеризується яскраво вираженим охолоджувальним ефектом і парфумерним запахом. Орієнтований на швидкий візуальний і сенсорний ефект.

Зразок 4 – Mary Babe No Drama Shaving (молочко після гоління).

Засіб у формі молочка з високим вмістом зволожувальних компонентів (гліцерин, сорбітол, пропіленгліколь), м'якими ПАР і алое вера. Призначений для щоденного догляду, має м'якшу текстуру і менш виражений охолоджувальний ефект.

Зразок 5 – Vichy Homme Sensi-Baume (преміальний сегмент).

Бальзам для чутливої шкіри після гоління з силіконами, емолентами та дерматологічно орієнтованими компонентами. Засіб характеризується високою ціною (приблизно у 10 разів дорожчий за мас-маркет аналоги), позиціонується як лікувально-доглядовий продукт для шкіри з підвищеною реактивністю.

Незважаючи на відмінності у рецептурному складі, формі випуску та ціновому сегменті, усі досліджувані зразки є **косметичними засобами після гоління**, що мають спільне функціональне призначення — зменшення подразнення шкіри після механічного впливу, відновлення гідроліпідного балансу, забезпечення зволоження та покращення суб'єктивних відчуттів комфорту після гоління. Саме спільність функціонального призначення є підставою для їх коректного порівняння в межах органолептичної оцінки.

Усі зразки мають **водну або водно-емульсійну основу**, що визначає подібність механізму взаємодії засобів зі шкірою, характер нанесення, швидкість розподілення та сприйняття продукту під час використання. Незалежно від типу (гель, молочко або бальзам), досліджувані засоби орієнтовані на короткочасний контакт зі шкірою та формування відчуття комфорту без вираженого оклюзійного ефекту.

Спільною рисою усіх засобів є наявність зволожувальних та заспокійливих компонентів, зокрема гліцерину, алое вера, алантоїну або їх аналогів, які забезпечують пом'якшення шкіри та зменшення відчуття сухості після гоління. Крім того, у рецептурах присутні полімерні загущувачі або структуроутворювачі (карбомери, гідроксиетилцелюлоза, поліакриламід), що зумовлює подібні реологічні та сенсорні властивості при нанесенні.

Важливою об'єднуючою ознакою є також використання ароматичних композицій та/або охолоджувальних агентів, які формують органолептичне сприйняття засобів, зокрема запах та відчуття свіжості після нанесення. Навіть у випадку засобів для чутливої шкіри ці компоненти присутні у мінімальних концентраціях і впливають на загальне сенсорне враження.

Таким чином, обрані косметичні засоби є порівнюваними з точки зору органолептичних показників, оскільки мають спільне функціональне призначення, подібні типи основи та перекривні групи активних компонентів. Це дозволяє здійснити коректну порівняльну оцінку споживчих властивостей розробленого гелю «Морозне авокадо» відносно як мас-маркет, так і преміального сегментів косметичних засобів після гоління.

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця досліджуваних засобів

| Показник | Морозне авокадо | Прототип з авокадо | Eveline Q10 | Mary Babe No Drama | Vichy Homme |
|-----------------------|---|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Форма | Гель | Гель | Гель | Молочко | Бальзам |
| Цільова аудиторія | Чоловіки, щоденне використання | Експериментальний | Мас-маркет | Універсальна | Чутлива шкіра |
| Ціновий сегмент | ≈ 1 грн/мл | ≈ 1 грн/мл | ≈ 1–2 грн./мл | ≈ 2 грн./мл | ≈ 10 грн./мл |
| Основні активи | Екстракти авокадо, алое, D-пантенол, алантоїн | Екстракт авокадо | Q10, ментол, алое | Алое, гліцерин | Дерматологічні комплекси |
| Охолоджувальний ефект | Помірний (ментол) | Слабкий | Виразний | Відсутній | Відсутній |
| Прозорість | Висока | Середня | Висока | Низька | Непрозорий |
| Орієнтація | Функціональність | Порівняльний зразок | Сенсорний ефект | Комфорт | Лікувальна-доглядова |

Особливості проведення органолептичного дослідження

Після первинного ознайомлення зі зразками, у зв'язку з відсутністю клінічних випробувань та стандартизованих дерматологічних протоколів, а також з огляду на експериментальний характер розроблених засобів, жінка-учасниця контрольної групи **відмовилась від використання досліджуваних зразків за їх прямим призначенням**. Подальша оцінка з її боку проводилася виключно за органолептичними показниками шляхом нанесення засобів на шкіру рук. Тому сучасна вимога стандартизації виробництва за GMP, є обов'язковою не тільки від держави та і від соживача.

Усі учасники чоловічої статі використали кожен із досліджуваних косметичних засобів двічі за їх цільовим призначенням, а саме як гель, крем або бальзам після гоління відповідно до рекомендацій виробника. Органолептичну оцінку шкіри, проводили одразу після нанесення, а також через 1 годину, через 3 години та на наступний день, що дозволило оцінити як початкові сенсорні властивості, так і суб'єктивні відчуття шкіри з часом.

Під час нанесення двох перших зразків (розроблений гель «Морозне авокадо» та прототип з екстрактом авокадо) було відмічено незначну присутність запаху етилового спирту, який відчувався лише на етапі нанесення та швидко зникав. У подальшому жодних негативних сенсорних відчуттів не фіксувалося.

Усі досліджувані засоби характеризувалися приємною текстурою, легко розподілялися по шкірі та не викликали дискомфорту під час нанесення. За результатами спостережень не було виявлено подразнення, почервоніння, сухості або інших небажаних реакцій ні одразу після застосування, ні протягом подальших часових інтервалів.

Таблиця 3.2 – Узагальнена таблиця використання та органолептичної оцінки

| Показник | Морозне авокадо | Прототип з авокадо | Eveline Q10 | Mary Babe | Vichy Homme |
|----------|-----------------|--------------------|-------------|-----------|-------------|
|----------|-----------------|--------------------|-------------|-----------|-------------|

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Кількість застосувань | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Використання за призначенням (чоловіки) | так | так | так | так | так |
| Оцінка на шкірі рук (жінка) | так | так | так | так | так |
| Запах при нанесенні | слабкий спиртовий | слабкий спиртовий | ментоловий | нейтральний | нейтральний |
| Текстура | приємна | приємна | приємна | приємна | приємна |
| Стан шкіри через 1 год. | без змін | без змін | без змін | без змін | без змін |
| Стан шкіри через 3 год | без змін | без змін | без змін | без змін | без змін |
| Стан шкіри наступного дня | без змін | без змін | без змін | без змін | без змін |
| Негативні реакції | не виявлено | не виявлено | не виявлено | не виявлено | не виявлено |

3.3 Дослідження фізико-хімічних та показників продуктів

За результатами органолептичної оцінки всі досліджувані косметичні засоби продемонстрували задовільні споживчі властивості та хорошу переносимість. Жоден із зразків не викликав негативних реакцій під час короткострокового або відстроченого спостереження. Це дозволяє розглядати розроблений гель «Морозне авокадо» як конкурентоспроможний засіб у сегменті продуктів після гоління.

Для підтвердження якості та відтворюваності розробленого змивного гелю після гоління «Морозне авокадо» проведено контроль фізико-хімічних показників, а також оцінку колоїдної та термостабільності. Обрані показники є базовими для гелевих/емульсійних косметичних систем і дозволяють порівнювати розроблений продукт із прототипом та комерційними зразками за однаковими критеріями якості [18, 19, 51].

Водневий показник (рН). рН визначали потенціометрично у 10% водній суспензії зразка за допомогою рН-метра при кімнатній температурі. Для засобів, що контактують зі шкірою після гоління, контроль рН є критичним, оскільки він впливає на відчуття комфорту, ризик подразнення та стабільність активних компонентів [18, 51].

В'язкість (реологічні властивості). Динамічну в'язкість гелю визначали ротаційним методом (типу Brookfield) за фіксованої температури, з реєстрацією показників у стандартному діапазоні швидкостей зсуву. Для гелів після гоління важливо підтвердити: (1) достатню структурованість у спокої (щоб не стікав), та (2) зниження в'язкості при розтиранні (зручність нанесення). Така поведінка типова для карбомерних систем і є цільовою для змивних продуктів.

Колоїдна стабільність. Стабільність оцінювали прискореним методом: зразки витримували за заданих умов, після чого контролювали розшарування/осадження (візуально та після центрифугування). Ознаками нестабільності вважали появу шару рідини, розшарування фаз або помітний осад. Для гелю після гоління цей тест показує, чи не буде продукт “відпускати” водну фазу під час зберігання та транспортування [8, 51].

Термостабільність. Зразки піддавали прискореному тесту стабільності при підвищеній температурі (модель “старіння”): витримували протягом 5 діб при 45 ± 2 °C (та контрольній температурі 25 ± 2 °C), після чого оцінювали колір, запах, консистенцію й наявність розшарування. Збереження стабільності в таких умовах вказує на потенційно достатню стабільність продукту при звичайному зберіганні [19, 51].

Окремо враховано органолептичний ефект температури: під час нагрівання екстрактів/забарвленого компоненту понад 50 °C спостерігалось потемніння (втрата бажаного світлого відтінку), що є негативним показником для прозорих та “світлих” гелів після гоління. Тому у технології гелю доцільно обмежувати теплові режими на стадіях введення екстрактів і коригування кольору, або переносити “гарячі” операції до етапів, де барвник ще не внесений.

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники та стабільність гелю після гоління

| Показник | Метод визначення | Нормативні / рекомендовані значення | Результат для гелю «Морозне авокадо» | Висновок |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| pH (10% водна суспензія) | Потенціометричний метод | 5,0–6,5 | 5,4–5,8 | Відповідає вимогам для засобів після гоління |
| Динамічна в'язкість, мПа·с (20 °C) | Ротаційний віскозиметр | 3000–12000 (25 °C) | ~2800–4500 | Забезпечує зручне нанесення та стабільну структуру |
| Зовнішній вигляд | Візуальна оцінка | Однорідний, без включень | Однорідний, напівпрозорий | Відповідає |
| Колоїдна стабільність | Центрифугування 5 хв, 100 с ⁻¹ | Відсутність розшарування | Розшарування не виявлено | Стабільний |

Встановлено, що розроблений гель після гоління має рН у слабкокислому діапазоні, що відповідає фізіологічним особливостям шкіри та забезпечує комфорт після гоління. Отримані значення в'язкості підтверджують гелеву структуру продукту, яка поєднує достатню стабільність у спокої та легке розподілення під час нанесення.

Дослідження термостабільності при перепадах температур (циклічний тест). Для оцінки стійкості гелю після гоління «Морозне авокадо» до температурних коливань під час зберігання та транспортування проведено випробування методом температурного циклювання (“freeze–thaw/heat–cool”), що моделює реальні перепади температур. Метою тесту було визначення температурних меж, за яких відбувається погіршення структури, зниження в'язкості або поява ознак фазової нестабільності (водовідділення/розшарування/осад).

Використанням протокол, прискореного методу температурного циклювання, який рекомендований для оцінки стабільності косметичних гелевих

та емульсійних систем згідно з вимогами до контролю якості косметичних засобів та настанов належної виробничої практики (GMP).

Зразки гелю у герметично закритих полімерних ємностях піддавали послідовним температурним впливам, що моделюють можливі умови зберігання і транспортування косметичної продукції. Температурний режим включав такі етапи. Протягом 3 днів було сформовано наступні результати представленні в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Результати циклічного тесту термостабільності (перепади температур)

| Етап випробування | Температура / час | Ознаки розшарування | Зміни консистенції | Зміни кольору/запаху | Висновок |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Після охолодження (цикл 1) | 5±2 °C / 24 год. | не виявлено | без змін | без змін | стабільний |
| Після нагрівання (цикл 1) | 45±2 °C / 24 год. | не виявлено | без змін | без змін | стабільний |
| Після охолодження (цикл 2) | 5±2 °C / 24 год. | не виявлено | без змін | без змін | стабільний |
| Після нагрівання (цикл 2) | 45±2 °C / 24 год. | присутні | без змін | без змін | стабільний |
| Після охолодження (цикл 3) | 5±2 °C / 24 год. | присутні | без змін | без змін | стабільний |
| Після нагрівання (цикл 3) | 45±2 °C / 24 год. | присутні | без змін | без змін | стабільний |

За результатами циклічного температурного випробування встановлено, що розроблений гель після гоління «Морозне авокадо» проявляє часткову термічну нестабільність, яка виражається у появі водовідділення після другого температурного циклу. При цьому подальшого погіршення стану продукту під

час третього циклу не зафіксовано: інтенсивність розшарування не зростала, утворення осаду або незворотних змін структури не спостерігалось.

Отримані результати свідчать, що виявлена нестабільність має граничний характер та проявляється лише за умов інтенсивних багаторазових температурних перепадів. За стандартних умов зберігання та експлуатації продукт зберігає прийнятні фізико-хімічні та органолептичні властивості. Виявлену особливість доцільно враховувати при оптимізації складу та визначенні рекомендованих умов транспортування і зберігання. Аналіз відповідає до стандартних вискоків літератури [18, 41,48, 51].

3.4 Розроблення математичної моделі отримання косметичного засобу з екстракту насіння та шкірки авокадо

Кінетика екстрагування біологічно активних речовин з насіння авокадо описувалася рівнянням першого порядку, що відповідає теоретичним уявленням про дифузійний масоперенос у системі тверда фаза-рідина. Експериментальні дані збирали шляхом відбору проб екстракту об'ємом 2 мілілітри кожні 4 години протягом 72 годин мацерації з визначенням концентрації загальних поліфенолів спектрофотометричним методом з реактивом Фоліна-Чокальтеу. Концентрація поліфенолів зростала від 0,82 міліграмів еквівалента галової кислоти на мілілітр після 4 годин до 8,35 мг ЕГК на мілілітр після 48 годин, після чого досягала плато на рівні 8,42 мг ЕГК на мілілітр при 72 годинах. Графік залежності концентрації від часу мав типову S-подібну форму з початковим періодом прискореної екстракції протягом перших 12 годин, лінійною ділянкою у діапазоні 12-36 годин та виходом на рівноважне значення після 48 годин.

Математична обробка експериментальних даних проводилася методом нелінійної регресії з використанням програмного пакету OriginPro 2021. Рівноважна концентрація становила 8,40 міліграмів еквівалента галової кислоти на мілілітр з стандартним відхиленням 0,04 мг ЕГК на мілілітр та довірчим інтервалом 95 відсотків. Константа швидкості екстракції дорівнювала 0,0842 зворотних годин з коефіцієнтом детермінації R^2 дорівнює 0,9918, що свідчить

про високу адекватність моделі експериментальним даним. Період напіввилучення, розрахований як натуральний логарифм 2 поділений на константу швидкості, становив 8,23 години для насіння авокадо при температурі 20 градусів Цельсія. Цей параметр показує час, необхідний для досягнення половини рівноважної концентрації біологічно активних речовин у екстракті.

Вплив температури на швидкість екстрагування вивчали при температурах 15, 20, 30, 40 та 50 градусів Цельсія з підтриманням постійності всіх інших параметрів процесу. Константи швидкості екстракції при цих температурах становили відповідно 0,0521, 0,0842, 0,1387, 0,2156 та 0,3042 зворотних годин. Графік залежності натурального логарифму константи швидкості від оберненої абсолютної температури мав лінійний характер згідно з рівнянням Ареніуса з коефіцієнтом кореляції 0,9956. Енергія активації процесу екстракції, розрахована з нахилу прямої Ареніуса, становила 28,75 кілоджоулів на моль, що характерно для процесів, лімітованих дифузією у твердій фазі. Температурний коефіцієнт Q_{10} , що показує зміну швидкості реакції при підвищенні температури на 10 градусів, дорівнював 1,68 для інтервалу 20-30 градусів Цельсія. Цей показник свідчить про помірну температурну залежність процесу екстракції, що дозволяє проводити процес при кімнатній температурі без значних втрат у продуктивності.

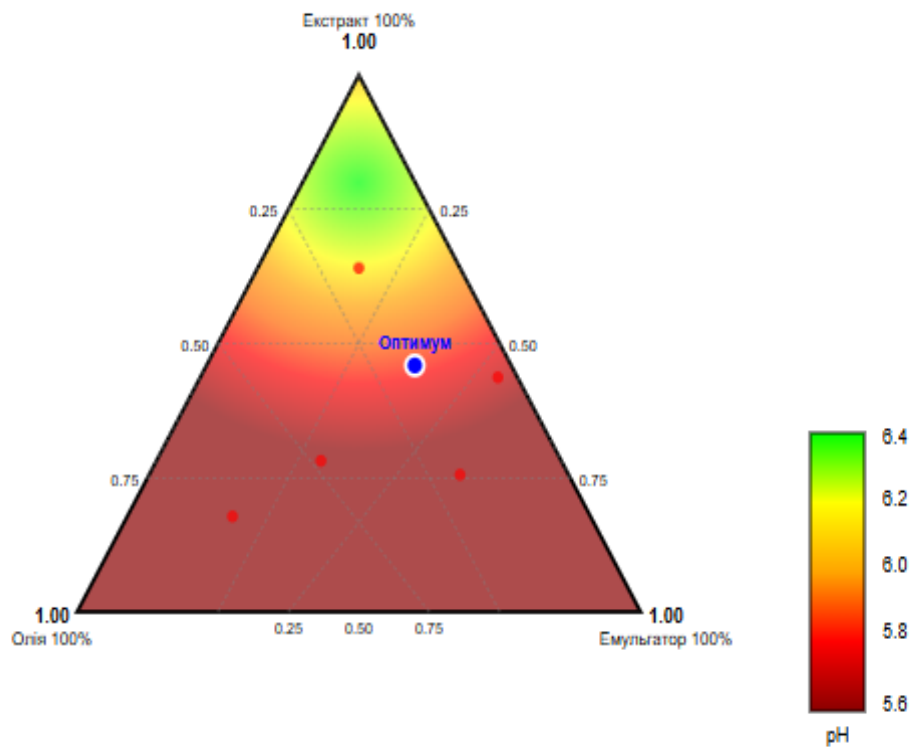
Вплив ступеня подрібнення сировини на ефективність екстрагування досліджували шляхом порівняння виходу поліфенольних сполук з фракцій насіння різного розміру часток. Фракціонування проводили методом ситового аналізу з використанням стандартного набору сит. Фракції характеризувалися середніми розмірами 2500, 1500, 750, 300 та 75 мікрометрів відповідно. Концентрація поліфенолів у екстрактах після 48 годин мацерації становила 3,12, 4,85, 6,73, 7,92 та 8,28 міліграмів еквівалента галової кислоти на мілілітр відповідно. Вихід поліфенолів відносно максимально досяжного значення складав 37, 58, 80, 94 та 99 відсотків для відповідних фракцій. Питома поверхня часток, розрахована за геометричними розмірами з припущенням сферичної форми, становила 20,9, 34,8, 69,6, 174,0 та 696,0 квадратних сантиметрів на грам.

Графік залежності виходу поліфенолів від питомої поверхні часток мав логарифмічний характер з коефіцієнтом детермінації R^2 дорівнює 0,9871, що підтверджує визначальний вплив площі контакту фаз на швидкість масопереносу.

Оптимальний модуль екстракції, тобто співвідношення маси сировини до об'єму екстрагента, визначали експериментально шляхом порівняння виходу біологічно активних речовин при модулях 1:3, 1:5, 1:7 та 1:10. Вихід поліфенолів становив відповідно 85, 92, 94 та 95 відсотків від теоретично можливого. Оптимальний модуль екстракції визначено як 1 до 5, який забезпечував вихід 92 відсотки при помірних витратах екстрагента. Подальше збільшення модуля до 1 до 7 та 1 до 10 підвищувало вихід лише на 2-3 відсотки, що економічно недоцільно через збільшення витрат розчинника та необхідність концентрування більших об'ємів екстракту. Отримані кінетичні параметри дозволяють розрахувати оптимальні режими екстракції для промислового масштабування процесу.

Для візуалізації результатів оптимізації побудовано тернарні діаграми залежності цільових показників від співвідношення ключових компонентів у рецептурах.

На рисунку 3.1 представлено тернарну діаграму оптимізації складу крему для тіла, де показано залежність значення рН від співвідношення екстракту насіння авокадо, олії авокадо та емульгатора. Колірний градієнт відображає зміну рН від 5,6 до 6,4, при цьому оптимальна зона з рН 6,0-6,2 знаходиться у центральній частині трикутника. Синя точка позначає оптимальне співвідношення компонентів, а червоні точки відповідають експериментальним даним.



Математична модель:

$$pH = 5.2 + 0.8 \cdot x_1 + 0.3 \cdot x_2 + 0.15 \cdot x_3 - 0.4 \cdot x_1^2 - 0.2 \cdot x_1 \cdot x_2$$

де x_1 - частка екстракту, x_2 - частка олії, x_3 - частка емульгатора

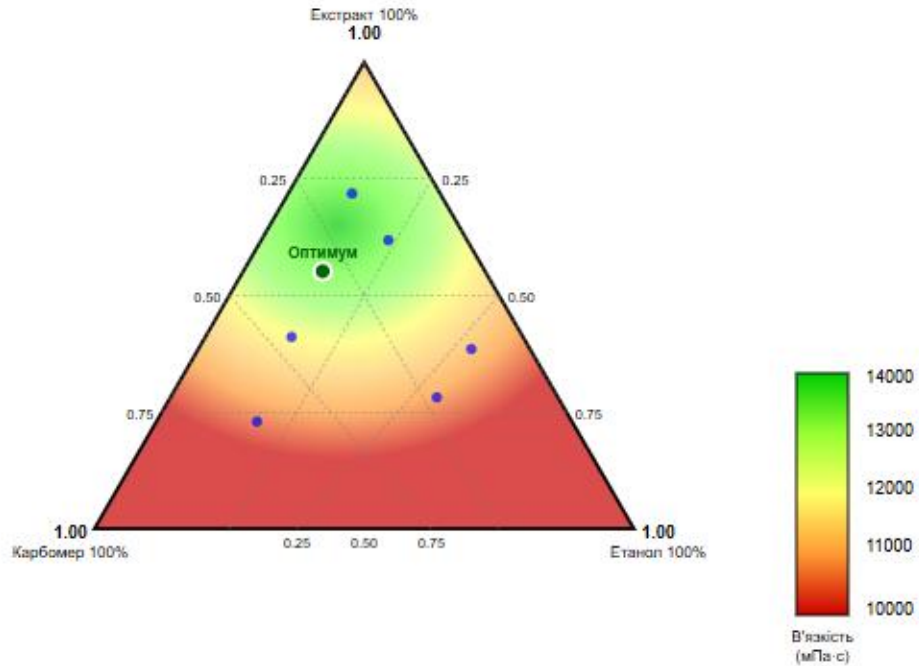
Оптимальні значення:

$x_1 = 0.20$ (3% в рецептурі), $x_2 = 0.87$ (10% в рецептурі), $x_3 = 0.13$ (2% в рецептурі)

Прогнозоване pH = 6.1 ± 0.1

$R^2 = 0.9872$

Рисунок 3.1 – Тернарна діаграма оптимізації складу крему для тіла



Математична модель:

$\eta = 8500 + 2800 \cdot x_1 + 4200 \cdot x_2 - 350 \cdot x_3 - 180 \cdot x_1 \cdot x_2 + 520 \cdot x_1 \cdot x_3$
де η - в'язкість (мПа·с), x_1 - екстракт, x_2 - карбомер, x_3 - етанол

Оптимальні значення:

$x_1 = 0.566$ (15% в рецептурі), $x_2 = 0.057$ (1.5%), $x_3 = 0.377$ (10%)
Прогнозована в'язкість = 12000 ± 500 мПа·с
 $R^2 = 0.9654$

Рисунок 3.2 – Тернарна діаграма оптимізації складу гелю після гоління

На рисунку 3.2 наведено тернарну діаграму оптимізації складу гелю після гоління з визначенням залежності в'язкості від вмісту екстракту шкірки авокадо, карбомеру та етанолу. Градієнт показує зміну в'язкості від 10000 до 14000 мілліпаскаль-секунд, причому оптимальна зона з в'язкістю 11500-12500 мПа·с розташована у верхній лівій частині діаграми. Зелена точка вказує на оптимум, синіми точками позначено експериментальні виміри. Використання тернарних діаграм дозволило наочно визначити оптимальні співвідношення компонентів та ідентифікувати зони з найкращими функціональними характеристиками готових косметичних засобів. Коефіцієнти детермінації математичних моделей становили 0,9872 для крему та 0,9654 для гелю, що підтверджує високу адекватність розроблених рівнянь експериментальним даним.

Дослідження властивостей отриманих косметичних продуктів

Спектрофотометричний аналіз екстрактів насіння та шкірки авокадо проводили на приладі Shimadzu UV-2450 у діапазоні довжин хвиль від 200 до 700 нанометрів з кроком сканування 0,5 нанометра та швидкістю сканування 100 нанометрів на хвилину. Аліквотну частину кожного екстракту відбирали шприцом Гамільтона об'ємом 10 мілілітрів з точністю 0,01 мілілітра та переносили до мірної колби на 50 мілілітрів, доводили до мітки деіонізованою водою марки MilliQ Water з питомим електричним опором 18,2 мегаом на сантиметр, що відповідало розведенню 1 до 5 відносно вихідного екстракту. Подальші розведення готували послідовним розведенням у співвідношеннях 1 до 2, 1 до 6 та 1 до 12, що відповідало розведенням 1 до 10, 1 до 30 та 1 до 60 по відношенню до вихідного екстракту. Розчини фільтрували через мембранні фільтри марки Millipore Durapore Membrane Filters типу PVDF з розміром пор 0,45 мікрометра для видалення зважених часток та запобігання розсіюванню світла.

Спектри знімали у кварцових кюветах з довжиною оптичного шляху 1 сантиметр та об'ємом 3 мілілітри. Як розчин порівняння використовували етиловий спирт концентрацією 70 відсотків, аналогічний за складом до екстрагента. Базову лінію записували перед кожною серією вимірювань для компенсації фонового поглинання розчинника та оптичних елементів приладу. Температуру зразків підтримували на рівні 25 градусів Цельсія за допомогою термостатованого кюветного відділення. Для кожного екстракту та кожного розведення реєстрували три паралельні спектри з подальшим усередненням для зменшення випадкової похибки вимірювань.

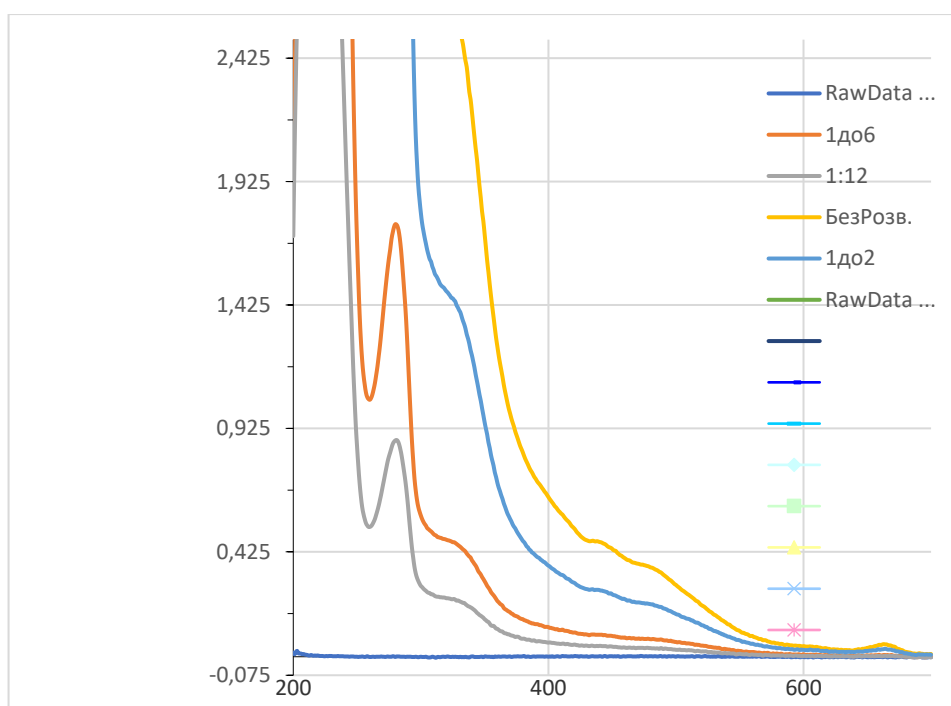


Рисунок 3.2 – Спектри екстрактів різних частин авокадо

Екстракт (рис.3.2 жовтий колір, спиртова екстракція насіння авокадо) демонстрував п'ять характерних максимумів поглинання у ультрафіолетовій та видимій областях спектру. Перший максимум при довжині хвилі 280 нанометрів з абсорбцією понад 5,0 оптичних одиниць відповідав ароматичним амінокислотам, зокрема тирозину та триптофану, а також поліфенольним сполукам з простим бензольним кільцем без додаткових хромофорних груп. Другий інтенсивний максимум при довжині хвилі 327 нанометрів з абсорбцією 1,288 оптичних одиниць свідчив про високий вміст флавоноїдів та гідроксикоричних кислот, які мають розширену систему спряження через α,β -ненасичений карбонільний фрагмент.

Екстракт (рис.3.2 коричневий колір, спиртова екстракція шкірки авокадо) характеризувався шістьма максимумами поглинання, що відображає більш складний хімічний склад порівняно з екстрактом насіння. Найбільш інтенсивний пік при довжині хвилі 327 нанометрів з абсорбцією 2,636 оптичних одиниць відповідав гідроксикоричним кислотам, концентрація яких у екстракті шкірки виявилася вдвічі вищою порівняно з екстрактом насіння за абсолютними значеннями абсорбції.

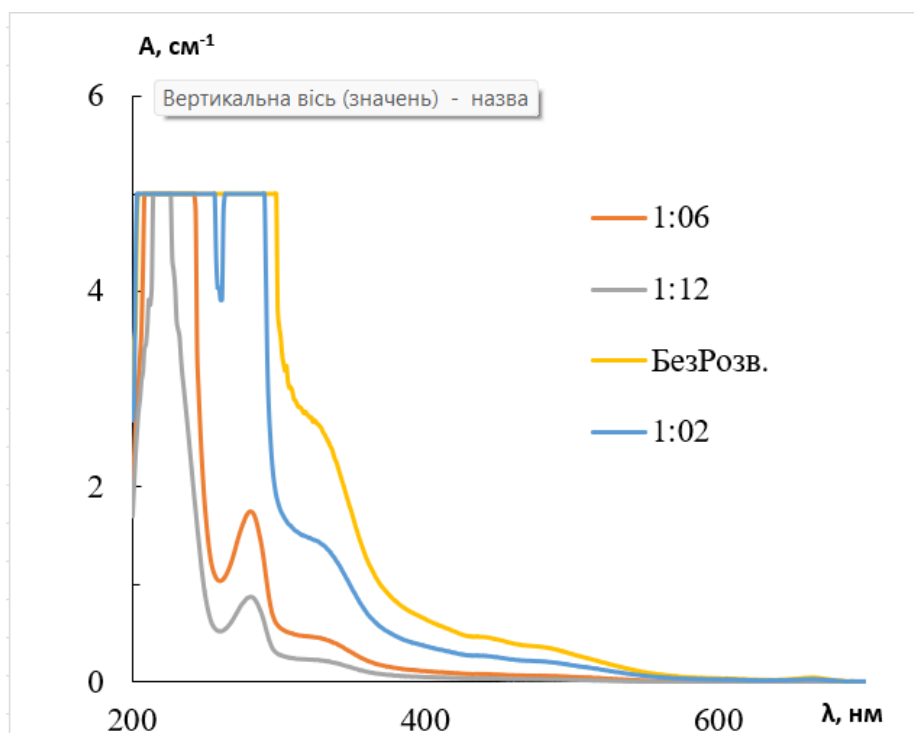


Рисунок 3.3 – Спектри екстрактів різних частин авокадо

Екстракт (рис.3.3 коричневий колір, водна екстракція об'єднаної сировини після спиртової екстракції) показав п'ять максимумів поглинання, подібних до екстракту насіння, але з відмінностями в інтенсивності. Максимум при довжині хвилі 327 нанометрів мав абсорбцію 1,746 оптичних одиниць, що становило 66 відсотків від значення для свіжого спиртового екстракту шкірки та вказувало на неповне вилучення гідроксикоричних кислот під час першої спиртової екстракції.

Спектральні характеристики екстрактів насіння та шкірки авокадо, таблиця 3.7 відображає тільки можливі вміст цих речовин відповідно до піків, зафіксованих апаратом. Ідентифікація сполук складена з відповідністю, представлених сполук в дослідженнях, з списку літератури.

Таблиця 3.7 – Ідентифікація сполук

| Екстракт | Довжина хвилі максимуму, нм | Абсорбція | Ідентифікація сполук |
|---------------|-----------------------------|-----------|--|
| № 2 (насіння) | 280 | >5,0 | Ароматичні амінокислоти, прості поліфеноли |
| | 327 | 1,288 | Флавоноїди, гідроксикоричні кислоти |

| | | | |
|-----------------|-----|-------|-----------------------------------|
| | 400 | 0,147 | Каротиноїди, окислені поліфеноли |
| | 450 | 0,096 | Флавоноїди, ксантофіли |
| | 480 | 0,061 | Ксантофіли, лютеїн |
| № 5 (шкірка) | 327 | 2,636 | Гідроксикоричні кислоти |
| | 439 | 0,467 | Хлорофіл (смуга Соре) |
| | 480 | 0,362 | Каротиноїди, β-каротин |
| | 610 | 0,040 | Хлорофіл (Q-смуга) |
| | 664 | 0,050 | Хлорофіл а (основний максимум) |
| № 6 (водний) | 327 | 1,746 | Залишкові гідроксикоричні кислоти |
| | 400 | 0,537 | Окислені поліфеноли |
| | 450 | 0,467 | Флавоноїди, продукти окиснення |
| | 480 | 0,409 | Каротиноїди, забарвлені продукти |

Перелік фітосполук, ідентифікованих у досліджуваних екстрактах, відповідає даним сучасних оглядових та експериментальних досліджень [6, 7, 29–31].

Порівняльний аналіз спектральних характеристик трьох екстрактів підтвердив багатоконпонентний склад біологічно активних речовин та обґрунтував доцільність диференційованого використання екстрактів у різних косметичних продуктах. Екстракт насіння з високим вмістом гідроксикоричних кислот та флавоноїдів придатний для використання у антиоксидантних засобах для догляду за тілом. Екстракт шкірки з присутністю хлорофілу та каротиноїдів доцільно використовувати у засобах після гоління для заспокоєння подразненої шкіри завдяки протизапальним властивостям цих пігментів. Водний екстракт з помірним вмістом біологічно активних речовин та абразивними частинками оптимальний для включення до складу скрабуючих засобів.

Для підтвердження, достовірності, отриманих результатів, опишем списки літератур з схожими, аналізами, та отриманими результатами досліджень. Перелік фітосполук, виявлених у досліджуваних екстрактах (поліфеноли, флавоноїди, гідроксикоричні кислоти, каротиноїди, хлорофіл), узгоджується з даними літературних джерел [26, 33, 34, 37, 38] для насіння авокадо та [25, 33, 35, 37] для шкірки авокадо.

Зокрема, Paradoroulos et al. [31] повідомляють про ефективність поліфенольних і пігментних компонентів у складі анти-UV кремів, що узгоджується з виявленою у даній роботі присутністю фенольних та пігментних сполук у досліджуваних екстрактах.

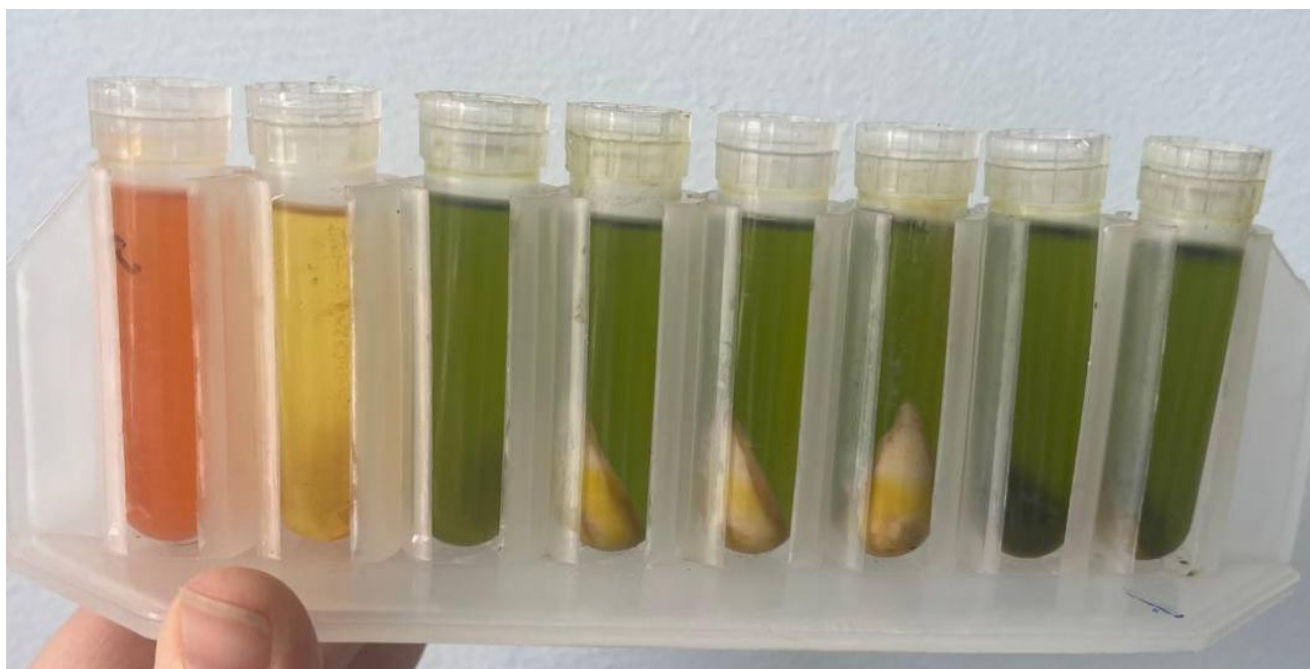


Рисунок 3.3 – Екстракти з різних частин авокадо.

3.5 Токсикологічний профіль інгредієнтів рецептур

Таблиця 3.7 – Токсикологічний профіль інгредієнтів рецептури гелю після гоління, відповідно до компонентів до рецептури

| Компонент | CAS / ідентифікатор | Потенційні наслідки для здоров'я (коротко) |
|-------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Карбомер (Carbomer 940) | (суміш полімерів; один CAS не завжди фіксується) | За даними експертних оглядів, карбомери в косметиці вважаються безпечними за нормальних концентрацій. Основні ризики — локальне подразнення очей/слизових при потраплянні, а також подразнення при високих концентраціях або |

| | | |
|-------------------------------|------------|--|
| | | індивідуальній чутливості. (SAGE Journals) |
| Гідроксиетилцелюлоза (HEC) | 9004-62-0 | Інертний загусник/реологічний модифікатор; загалом низький токсикологічний ризик. Можливе легке подразнення при чутливій шкірі або при потраплянні в очі (механічне). |
| Ксантанова камедь | 11138-66-2 | Низький ризик; як правило не сенсibiliзує, можливе легке подразнення при індивідуальній чутливості (переважно механічний/осмотичний ефект у високих дозах). |
| Гліцерин | 56-81-5 | Визнаний безпечним у практиках косметичного застосування. У високих концентраціях або при дуже сухому повітрі може давати відчуття стягнення/подразнення; алергія рідкісна. (cir-safety.org) |
| Пропіленгліколь | 57-55-6 | Загалом безпечний, але відомий як можливий подразник/рідкісний алерген у частини людей (особливо при пошкодженому бар'єрі шкіри). (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) |
| Динатрій ЕДТА (Disodium EDTA) | 139-33-3 | Вважається безпечним як хелатор у косметиці. Може підвищувати проникнення деяких речовин, тому важливо дотримуватися |

| | | |
|--|--|--|
| | | рекомендованих концентрацій; сенсibiliзація рідкісна. (cir-safety.org) |
| Алое вера (Aloe barbadensis leaf juice/екстракт) | 85507-69-3 (для екстрактів можливі варіації) | Загалом безпечний для топічного застосування; рідко можливі контактні реакції (дерматит/кропив'янка). Критичний момент — контроль антрахінонів у сировині (для “whole leaf”); у косметичній практиці це контролюється. (PubMed) |
| D-пантенол | 81-13-0 | Низький ризик побічних реакцій; здебільшого добре переноситься. Поодинокі випадки контактної чутливості можливі. (cir-safety.org) |
| Алantoїн | 97-59-6 | Вважається безпечним у косметичних концентраціях, має заспокійливі властивості; алергічні реакції рідкісні. (SAGE Journals) |
| Polysorbate 20 | 9005-64-5 | Загалом безпечний як солюбілізатор/ПАР у косметиці; можливе подразнення або сенсibiliзація у чутливих людей при певних формулах, тому вимога — “формулювати як не подразнюючий”. (cir-safety.org) |

| | | |
|----------------|------------|---|
| Ментол | 89-78-1 | <p>Дає охолоджувальний ефект; у чутливих людей може спричиняти подразнення, печіння, сльозотечу при потраплянні в очі; важливо тримати низькі концентрації для післяголінних засобів. (Оцінки безпеки ментоловмісних композицій розглядаються в токсикологічних оглядах для м'ятних інгредієнтів.) (cirsafety.org)</p> |
| Феноксіетанол | 122-99-6 | <p>Європейський SCCS підтверджує безпеку як консерванта до 1% у косметиці. Можливе подразнення очей при високій концентрації/нерозведеному вигляді; сенсibiliзація трапляється рідко. (health.ec.europa.eu)</p> |
| Калію сорбат | 24634-61-5 | <p>Як консервант загалом добре переноситься; у "чистому" вигляді може подразнювати шкіру/очі, тому важлива концентрація та розчинення. Дані по сорбатах описують переважно легке подразнення на високих рівнях. (SAGE Journals)</p> |
| Етиловий спирт | 64-17-5 | <p>Відомий подразнювач при високих концентраціях: може сушити шкіру, посилювати</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | | печіння після гоління; у rinse-off ризик нижчий за рахунок змивання, але важливо збалансувати гумектантами (гліцерин/ПГ) і контролювати рН. |
| Екстракт шкірки авокадо / екстракт насіння авокадо | (ботанічні екстракти; варіабельні, часто без єдиного CAS) | Потенційні ризики типові для рослинних екстрактів: індивідуальна чутливість/алергічні реакції, особливо за високого вмісту фенольних сполук. Безпечність визначається дозуванням, стандартизацією екстракту та контролем домішок/розчинника. |

| Компонент | CAS / ідентифікатор | Потенційні наслідки для здоров'я (коротко) |
|-------------------------|---|--|
| Карбомер (Carbomer 940) | (суміш полімерів; один CAS не завжди фіксується) | За даними експертних оглядів, карбомери в косметиці вважаються безпечними за нормальних концентрацій. Основні ризики — локальне подразнення очей/слизових при потраплянні, а також подразнення при високих концентраціях або індивідуальній чутливості. (<u>SAGE Journals</u>) |

Інтернет-джерела, використані для формування токсикологічного профілю інгредієнтів [52-60].

За результатами аналізу токсикологічного профілю встановлено, що всі інгредієнти, використані у складі розробленого гелю після гоління, належать до косметичної сировини з підтвердженим рівнем безпечності при застосуванні у межах рекомендованих концентрацій. Компоненти рецептури не проявляють системної токсичної дії, не мають кумулятивних властивостей та за умов дотримання технологічного режиму, вимог нормативної документації і правил належної виробничої практики є безпечними для здоров'я споживача. Потенційні місцеві реакції, характерні для окремих функціональних інгредієнтів, можуть виникати лише у разі індивідуальної чутливості та не становлять загрози при коректному формулюванні й використанні засобу.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологія отримання гелю після гоління

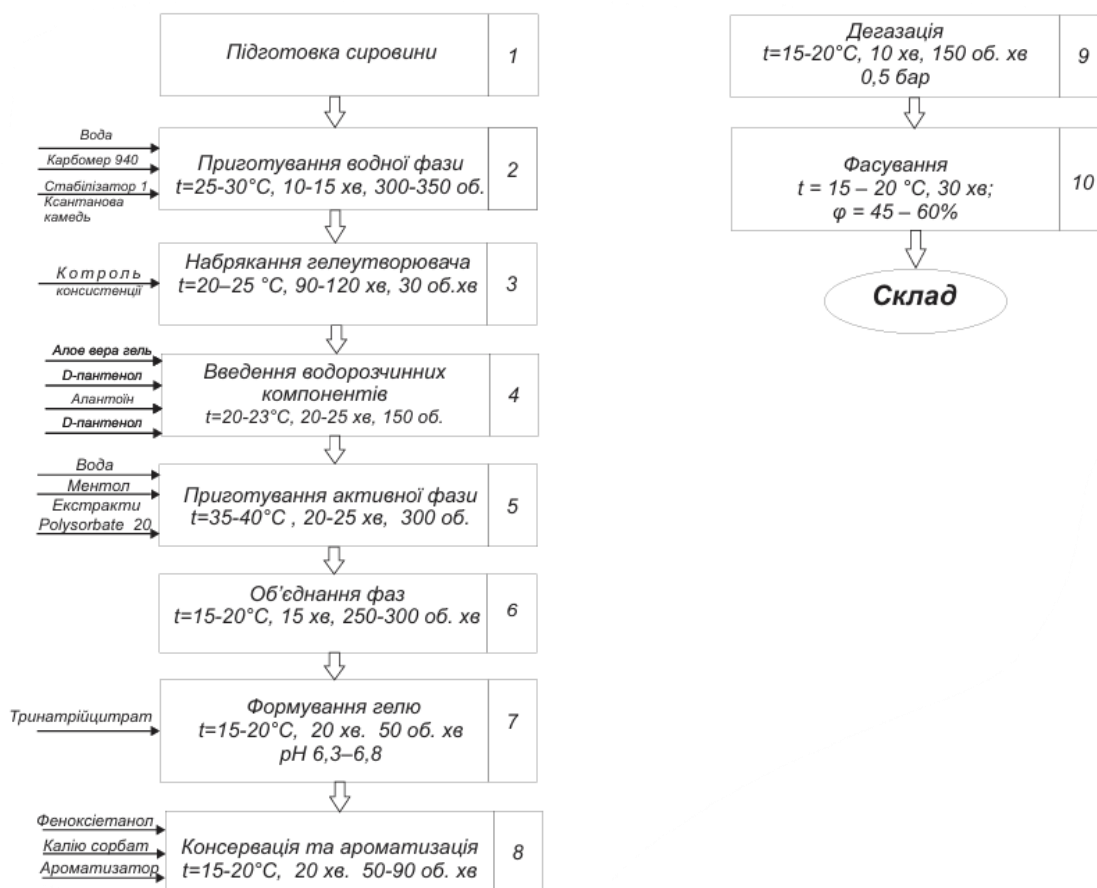


Рисунок 4.1 – Принципова технологічна схема отримання гелю після гоління з використанням 3 екстракції з насіння та шкірки авокадо.

Технологічний процес виробництва гелю після гоління є періодичним і включає послідовність стадій, спрямованих на одержання стабільної гелевої системи з рівномірно розподіленими активними компонентами, що забезпечують охолоджувальну, заспокійливу та відновлювальну дію на шкіру після гоління. У процесі виробництва здійснюють контроль температури, кислотності середовища (рН), в'язкості та однорідності продукту на ключових технологічних стадіях.

Підготовка водної основи. На першій стадії у змішувальний реактор завантажують демінералізовану воду температурою 20–25 °С. При помірному перемішуванні через диспергуючий контур у водну фазу вводять гелеутворювачі та стабілізатори (карбомер 940, гідроксиетилцелюлоза, за потреби ксантанова

камедь). Використання високозсувного введення забезпечує рівномірне змочування частинок та запобігає утворенню агломератів. Після завершення введення полімерів систему витримують на стадії набрякання протягом 1,5–2 год без інтенсивного перемішування для повної гідратації полімерних ланцюгів. На цій стадії контролюють відсутність грудок і візуальну однорідність дисперсії.

Введення водорозчинних компонентів. Після набрякання гелеутворювача в основний реактор послідовно вводять водорозчинні компоненти: гліцерин, пропіленгліколь, розчин ЕДТА, алое вера гель, D-пантенол та алантоїн (переважно у вигляді попередніх розчинів). Компоненти додають при середніх обертах мішалки до досягнення повної однорідності системи. На цій стадії формується збагачена водна фаза, яка є основою майбутнього гелю; контролюють температуру та рівномірність розподілу компонентів.

Приготування активної спиртовмісної фази. Паралельно в допоміжному реакторі готують активний спиртовмісний комплекс. Для цього етиловий спирт змішують з екстрактом шкірки авокадо, екстрактом насіння авокадо та залишковою фракцією, отриманою після повторної перегонки. У складі цієї фази також може бути частина пропіленгліколю, який виконує роль ко-розчинника та підвищує стабільність композиції. Приготування активної фази здійснюють у закритій ємності при температурі 35–40 °С до отримання однорідного розчину, контролюючи прозорість та відсутність механічних включень.

Солюбілізація ментолу. Окремо готують солюбілізат ментолу шляхом розчинення кристалічного ментолу в Polysorbate 20. За потреби до складу вводять невелику кількість води або пропіленгліколю для полегшення процесу розчинення. Отриманий солюбілізат забезпечує рівномірний розподіл ментолу в гелевій системі та запобігає помутнінню або кристалізації охолоджувального компонента. На цій стадії контролюють повноту розчинення ментолу.

Об'єднання фаз. Активний спиртовмісний комплекс та солюбілізат ментолу вводять в основний реактор дозовано, при контрольованому перемішуванні. Такий режим введення запобігає локальному впливу спирту на гелеутворювач і забезпечує збереження цілісності гелевої структури. Після

завершення введення активів отримують напівпродукт гелю, який має однорідну консистенцію, але ще не досяг остаточної в'язкості. На цій стадії контролюють відсутність розшарування та однорідність системи.

Нейтралізація та формування гелю. На наступній стадії у реактор вводять розчин нейтралізатора (тринатрійцитрату) за допомогою дозуючого насоса під постійним контролем рН. В процесі нейтралізації відбувається іонізація карбоксильних груп полімерів та формування тривимірної гелевої сітки, що супроводжується зростанням в'язкості. Значення рН доводять до цільового діапазону 6,3–6,8, оптимального для післяголінних засобів. Після досягнення цільового рН контролюють стабільність в'язкості та відсутність грудок.

Консервація та ароматизація. Після стабілізації гелевої структури до продукту додають консерванти (феноксіетанол, калію сорбат у вигляді розчину) та ароматичну композицію. Введення здійснюють на малих обертах мішалки для запобігання аерації та втраті летких компонентів. Контролюють рівномірність запаху та відсутність піноутворення.

Дегазація. Готовий гель піддають дегазації шляхом вакуумування при зниженому тиску 20–50 мбар та температурі 15–20 °С протягом 5–10 хв. Ця стадія забезпечує видалення повітряних бульбашок, покращує зовнішній вигляд продукту та стабільність його реологічних властивостей. Ефективність дегазації оцінюють візуально за відсутністю включень повітря.

Фільтрація, накопичення та фасування. Після дегазації гель пропускають через фільтр-ловушку грудок, що затримує можливі механічні включення та залишкові агломерати. Далі продукт надходить у буферну ємність, з якої подається на фасувальне обладнання для дозування у споживчу тару. Перед фасуванням здійснюють контроль показників якості, зокрема рН, в'язкості та зовнішнього вигляду. Готовий гель після гоління «Зимове авокадо» є прозорою злегка опалесцентною гелевою системою з приємним охолоджувальним ефектом та стабільними фізико-хімічними показниками.

Розрахунок матеріального балансу технології отримання

Таблиця 4.1 – Рецептúra після гоління з орієнтовною вартістю (партія 100 кг)

| № | Компонент | Масова частка, % | Кількість на 100 кг, кг | Орієнтовна ціна, грн/кг | Вартість, грн |
|----|-----------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 1 | Вода деіонізована | 52,3 | 52,3 | 5 | 784,5 |
| 2 | Карбомер 940 | 1,2 | 1,2 | 1200 | 4320 |
| 3 | Гліцерин | 5,0 | 5,0 | 80 | 1200 |
| 4 | Пропіленгліколь | 2,0 | 2,0 | 95 | 570 |
| 5 | Етиловий спирт 96% | 5,0 | 5,0 | 110 | 1650 |
| 6 | Екстракт шкірки авокадо | 10,0 | 10,0 | 2350 | 70500 |
| 7 | Екстракт насіння авокадо | 6,0 | 6,0 | 2450 | 44100 |
| 8 | Залишкова фракція після перегонки | 0,8 | 0,8 | 1600 | 3840 |
| 9 | Polysorbate 20 | 1,2 | 1,2 | 1150 | 4140 |
| 10 | Алое вера гель | 4,0 | 4,0 | 1180 | 14160 |
| 11 | D-пантенол | 1,0 | 1,0 | 900 | 2700 |
| 12 | Алантаїн | 0,3 | 0,3 | 1700 | 1530 |
| 13 | Ментол | 0,15 | 0,15 | 1 600 | 720 |
| 14 | ЕДТА динатрій | 0,10 | 0,10 | 500 | 150 |
| 15 | Феноксіетанол | 0,8 | 0,8 | 420 | 1008 |
| 16 | Калію сорбат | 0,2 | 0,2 | 300 | 180 |
| 17 | Тринатрійцитрат | 0,5 | 0,5 | 1120 | 1680 |
| 18 | Аромакомпозиція | 0,35 | 0,35 | 1500 | 1575 |
| | Разом | 100,0 | 100,0 | | 154808 грн |

Орієнтовні оптові ціни сировини, грн./кг. Розрахунки ведемо на 307 кг, так як це оптимальний об'єм для мого виробництва за один цикл.

Матеріальний баланс виробництва (партія 300 кг) по стадіях:

Вежливо зауважити, що розрахунок проводити згідно методичних рекомендацій вірно, тому ми зберігаєм розрахунок по стадіях, але в нас вони будуть привязані до апаратури та потенціальних втратах у трубопроводах та стінках ректорів, однак це можна вирухавати тільки експериментальним шляхом.

Тому будемо розраховувати на мою субективну думку, втрап по стаціям зарахуванням мого обладнання.

Лінія подачі. Вода фаза 1.

Подача компонентів у основний реактор (основна водна фаза та доведення) Сюди подають компоненти, які формують основу гелю та вводяться після гідратації полімеру при контрольованому перемішуванні, без ризику коагуляції системи.

- Вода (основний об'єм у реактор): 109,83 кг
- Вода на розчин ЕДТА 10%: 2,70 кг
- Вода на розчин калію сорбату 10%: 5,40 кг
- Вода на премікс/суспензію пантенолу + алантоїну: 5,00 кг
- Вода коригування/змив мірників (доведення процесу, промивання лінії вводу): 20,47 кг

Разом вода по лінії 1: $109,83 + 2,70 + 5,40 + 5,00 + 20,47 = 143,40$ кг.

Знаходиться в основному ректорі №5.

Розрахунок кількості води також потрібно проводити до технічної документації, скільки води треба для розчину порошків, та суспензій. Мінімальний об'єм води виходить, з оптимальної кількості води потрібної для компонентів.

Тобто на цій стації немає втрат сировини крім, які не можливо встановити окрім як практично. Тому даємо 3 літри втрат на помилку оператора. Наприклад відкрив не ту трубку. Що можна встановити як $\frac{1}{4}$ %. Це статистична похибка на цій стадії не враховуємо втрату. Однак умова що наш конусний завантажувача №7 заливає в собі до 5 відсотків сировини від його об'єму, та це також буде становити $\frac{1}{4}$ %. Через то ще він в нас на 50 літрів, 2.5 літри залишку.

Лінія подачі. Активна фаза

Подача в допоміжний реактор №8 (спиртовмісний активний комплекс) Сюди подають компоненти, що містять спирт і екстракти, які повинні бути попередньо змішані в закритій ємності та вводитися в основну масу дозовано.

Активної фаза (на завантаження 306 кг)

Компоненти, що входять у цю фазу за рецептурою:

- Етиловий спирт 96% – 15,31 кг;
- Екстракт шкірки авокадо – 30,61 кг;
- Екстракт насіння авокадо – 18,37 кг;
- Суспензія екстракт шкірки та насіння авокадо – 2,45 кг,
- Polysorbate 20 – 3,67 кг,

Робоче співвідношення: 1 : 1 – 1 : 4 (Polysorbate 20 : вода)

- Ментол – 0,459 кг

Для розчинення ментолу який є не розчинний у воді, треба використовувати, Polysorbate 20 ментолу беруть як мінімум: 4 : 1, робоче стабільне: 6–8.

Етиловий спирт 96% як 0.5 до 1, стальній як 1 до 1.

Разом “сухий/активний” без води: 70,87 кг. + Вода 20 літрів, становить **91,1кг** в реакторі.

З цього ми отримуємо що вода загальна = 171 кг – 20 літрів та – 110 кг води отримуємо 41 літер, «вільної води».

- Стадія 4 Ведення водорозчинних компонентів.
- Алое вера гель 12,24
- D-пантенол 3,06
- Алантоїн 0,918 та Вода 20 літрів, для його розчинення.

Разом 36,218 кг .

Утворення гелю ведення ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) розрахунок на 306 кг

- Тринатрійцитрат 1,53 кг, та розунок води для його розчину є оптимальним для його використання 10–20% розчини.

Для отримання, 15% розчину додаєм 9 літрів води. Залишок 12 літрів води.

Разом 10,5 кг.

Стадія консервація та ароматизація.

Компонент Завантаження з урахуванням втрат, кг 306.

- Феноксіетанол 2,81 кг

- Аромакомпозиція 1,23 кг
- Калію сорбат 0,70 кг

Калій сорбат краще використовувати розчин для ведення гелю.

30% розчину калію сорбату потрібно 1,63 кг води.

Отже при розрахунку матбалансу ми виявили, що при використанні верхніх оптимальних доз води, у концентрація для приготування розчинів, в нас залишається 10 л води! Чого нам дуже потрібно для запобігання втрат на стадії; **Об'єднання.**

Тепер можна розрахувати втрати, стадії фільтрування так як на попередні стадія при стравному обладнанні втрати передбачаються як 0.6% що становитиме 1.9кг. $0,6\% \rightarrow \Delta m = 306 \times 0,006 \approx 1,84$.

Фільтрувальна стадія, очікувальні втрати від 0.5 до 1.5 для гелю.

Обрахунки $\Delta m = 304.1 - 0.5\%$ що становитиме $\approx 1,52$ кг.

Фасувальна стадія втрати.

Залежить від типу фасування:

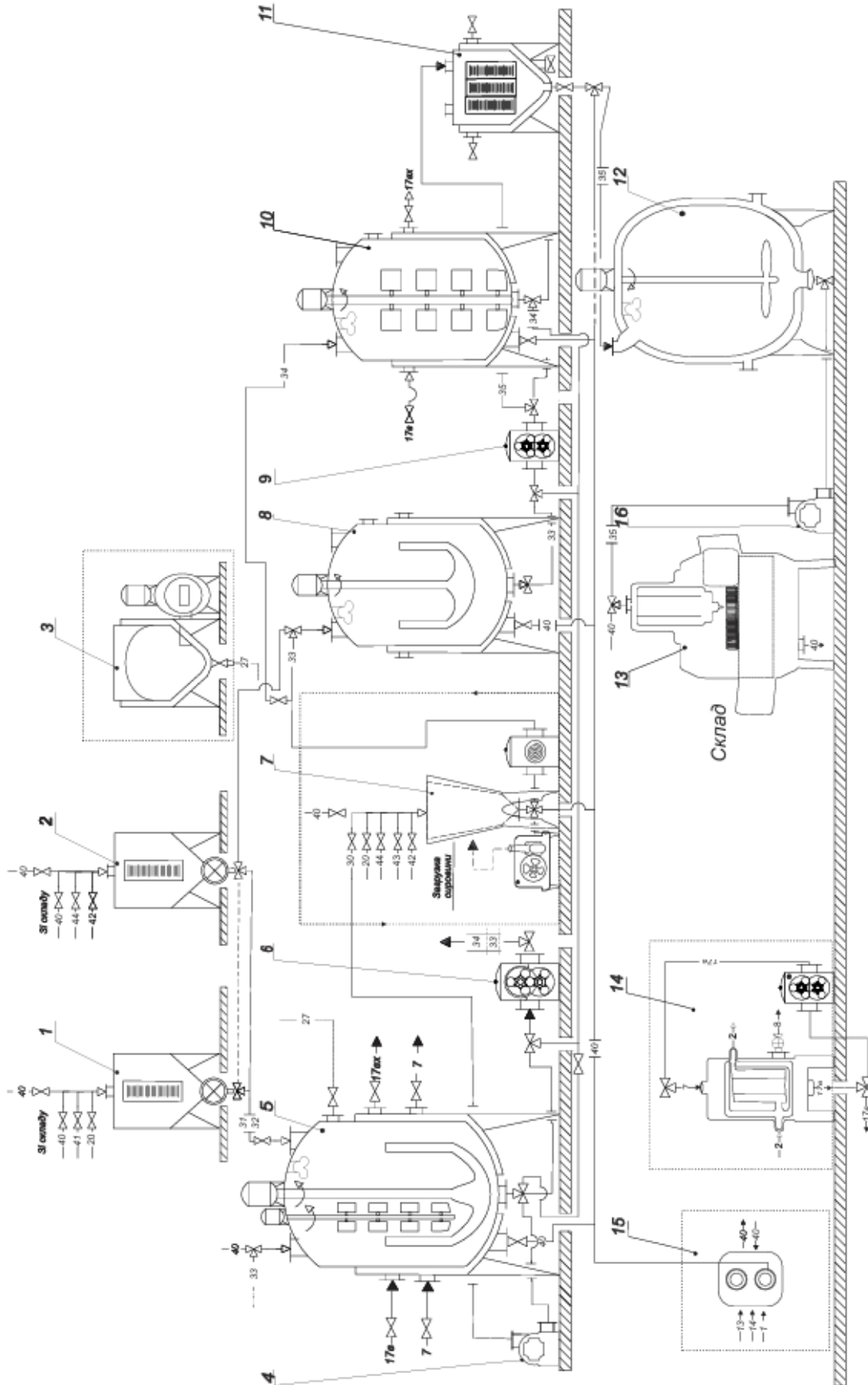
- 0,4–0,6% — напівавтомат / ручне фасування
- 0,2–0,4% — автоматична лінія з продувкою
- 0,6–1,0% — в'язкий продукт, часті зупинки, промивки

Обрахунки $\Delta m = 302,58 \times 0,01 = 3,03$ кг.

Отже очікувальна сама для пакування становитиме як 299,55 кг, що можна зробити, як виправити цю проблему перехвати, на 310 кг що 310% від закладки на 100 кг, або додати більше води для запобігання втрат через що може буди втрати стабільність якщо вода буде водись більше завершальній стадії. Проте якщо додати більше води всього на 10 кг в початку стадію приготування водної фази, або набрати трохи води, більше при стадії, обєданання для запобігання втрат пов'язаних обумовлених причинами: в'язкий гелю, довга лінія, багато “мертвого” об'єму, без промивки/піжджиму. Можливо отримати навіть більше продукту з допустимими 0.1 відсотком відхилення.

Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва гелю після гоління з багатоконпонентним екстрактом авокадо

Рисунок 4.2 – Апаратурно-принципова схема гелю після гоління



4.2 Технологія отримання крему

Базова рецептура крему для тіла включала три основні фази: жирову фазу масою 25 % від загальної рецептури, водну фазу масою 70 відсотків та активні інгредієнти масою 5 %. Жирова фаза складалася з олії авокадо у кількості 10 %, олії мигдальної – 5 %, цетилового спирту – 4 %, стеаринового спирту – 3 %, емульгуючого воску – 2 %, стеарату гліцерилу – 1 %. Водна фаза містила деіонізовану воду – 50 %, гліцерин – 10 %, пропіленгліколь – 5 %, бутиленгліколь – 3 %, ксантанову камедь – 0,3 %, алантоїн – 0,2 %, D-пантенол – 0,5 %. До активних інгредієнтів належали концентрований екстракт насіння авокадо – 3 %, токоферолу ацетат – 0,5 %, феноксіетанол – 0,8 %, калію сорбат – 0,2 %, ЕДТА динатрій – 0,1 %, ароматична композиція – 0,3 %.

Технологічний процес приготування крему складався з декількох послідовних етапів. Спочатку готували жирову фазу шляхом зважування всіх жирових компонентів у окрему ємність та нагрівання на водяній бані до температури 75 °C при постійному перемішуванні зі швидкістю 200 обертів на хвилину протягом 15 хвилин до повного розплавлення та утворення однорідної прозорої рідини. Паралельно готували водну фазу шляхом розчинення водорозчинних інгредієнтів у деіонізованій воді при температурі 75 °C. Ксантанову камедь попередньо диспергували у невеликій кількості гліцерину для запобігання утворенню грудок при додаванні до води. Емульгування проводили шляхом поступового додавання жирової фази до водної при температурі 75 °C та інтенсивному перемішуванні за допомогою гомогенізатора зі швидкістю 2000 об./хв. протягом 15 хв. Емульсію охолоджували зі швидкістю 1-2 градуси на хвилину при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об./хв.

При досягненні температури 45 °C до емульсії додавали алантоїн та D-пантенол, які є термолабільними сполуками і можуть зазнавати деградації при вищих температурах. При температурі 35 °C вводили концентрований екстракт насіння авокадо та консервуючу систему, що складалася з феноксіетанолу та калію сорбату. При температурі 30 °C додавали ароматичну композицію та продовжували перемішування протягом 10 хв. для рівномірного розподілу всіх

інгредієнтів. Готовий крем мав світло-бежеве забарвлення з легким відтінком кави, приємний ненав'язливий запах, однорідну кремову консистенцію без видимих включень та розшарування.

Фізико-хімічні характеристики готового крему визначали стандартними методами. Показник кислотності рН становив 5,5 за вимірюваннями на рН-метрі при температурі 25 °С, що відповідає нормальному рН шкіри людини та забезпечує комфортність використання. Динамічна в'язкість крему при швидкості зсуву 10 с⁻¹ становила 45000 мПа·с, при швидкості 50 с⁻¹ – 12000 мПа·с, при швидкості 100 с⁻¹ – 6800 мПа·с за вимірюваннями на ротаційному віскозиметрі Brookfield DV-II+Pro при температурі 25 °С. Спостерігалася псевдопластична поведінка з індексом течії 0,42, що характерно для емульсійних систем та забезпечує зручність нанесення. Розтікання крему на скляній пластині діаметром 10 см становило 6,2 см за методом конуса-пластини після 5 хв..

Рецептура сироватки

Таблиця 4.2. – Компонентний склад для матеріального балансу (партія 300 кг)

| <i>Фаза</i> | <i>Компонент</i> | <i>Вміст, %</i> | <i>Кількість, кг</i> |
|---------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | Олія авокадо | 10,0 | 30,00 |
| 2 | Олія мигдальна | 5,0 | 15,00 |
| 3 | Цетиловий спирт | 4,0 | 12,00 |
| 4 | Стеариновий спирт | 3,0 | 9,00 |
| 5 | Емульгуючий віск | 2,0 | 6,00 |
| 6 | Стеарат гліцерилу | 1,0 | 3,00 |
| Жирова (25%) | Разом жирова фаза | 25,0 | 75,00 |
| 7 | Вода деіонізована | 50,0 | 150,00 |
| 8 | Гліцерин | 10,0 | 30,00 |
| 9 | Пропіленгліколь | 5,0 | 15,00 |
| 10 | Бутиленгліколь | 3,0 | 9,00 |

| | | | |
|-------------|---|-------------|---------------|
| 11 | Ксантанова камедь | 0,3 | 0,90 |
| 12 | Алантоїн | 0,2 | 0,60 |
| 13 | D-пантенол | 0,5 | 1,50 |
| Водна (70%) | Разом водна фаза | 69,0 | 207,00 |
| 14 | Концентрований екстракт насіння авокадо | 3,0 | 9,00 |
| 15 | Токоферолу ацетат | 0,5 | 1,50 |
| 16 | Феноксіетанол | 0,8 | 2,40 |
| 17 | Калію сорбат | 0,2 | 0,60 |
| 18 | ЕДТА динатрій | 0,1 | 0,30 |
| 19 | Ароматична композиція | 0,3 | 0,90 |
| | Разом активна частина | 4,9 | 14,70 |
| | Разом | 98,9 | 296,70 |

Облік технологічних втрат

При виробництві косметичних кремів відповідно до практики GMP та навчально-методичних рекомендацій приймають такі втрати:

- втрати під час зважування сировини — **1%**;
- втрати під час виробництва (залишки на стінках апаратів, трубопроводах, насосах) — **2%**.

Загальний коефіцієнт збільшення маси сировини:

Після зважування 1% втрат $\rightarrow M1 = M \times 1.01$

Після виробництва ще 2% втрат $\rightarrow M2 = M1 \times 1.02$

1. Приготування, водна фаза:

Маса компонентів для водної фази: (69%) $207 * 1.011=228$ кг

Витрати під час зважування сировини становлять 1%:

$$228 * 0,01 = 2,23 \text{ кг}$$

Витрати під час виробництва 2%:

$$230,23 * 0,02 = 4,6 \text{ кг}$$

Отже, маса водної фази становить: 234,83

Отримані значення представлені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Матеріальний баланс приготування водної фази 1.135 на цьому етапі.

| Прихід | | Витрати | |
|----------------------|-----------|----------------|-----------|
| Стаття приходу | К-сть, кг | Стаття приходу | К-сть, кг |
| Вода деіонізована | 170.25 | Водна фаза | 234.83 |
| Гліцерин | 34.05 | Витрати | 6.83 |
| Пропіленгліколь | 17.025 | | |
| Бутиленгліколь | 10.215 | | |
| Ксантанова камедь | 1.0215 | Разом | 228 |
| Алантоїн | 0.681 | | |
| D-пантенол | 1.7025 | | |
| Разом | 85.125 | | |

2. Приготування масляної фази

Маса компонентів для масляної фази: $25% * 1.0765(1.011)$ для зберігання пропорції рецептури

Втрати під час зважування сировини становить 1%: 80,74кг

$$75 * 0,01 = 0,75 \text{ кг}$$

Втрати під час виробництва становлять 2%:

$$80,7375 * 0,02 = 1,61475 \text{ кг}$$

Отже, маса суміші становить:

$$80,7375 + 1,5 = 82,35225 \text{ кг}$$

Отримані дані представлені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Матеріальний баланс приготування масляної фази

| Прихід | | Витрати | |
|-------------------|-----------|----------------|-----------|
| Стаття приходу | К-сть, кг | Стаття приходу | К-сть, кг |
| Олія авокадо | 34,05 | Водна фаза | 82,35 |
| Олія мигдальна | 17,025 | Втрати | 2,5 |
| Цетиловий спирт | 13,62 | | |
| Стеариновий спирт | 10,215 | | |
| Емульгуючий віск | 6,81 | | |
| Стеарат гліцерилу | 3,405 | | |
| Разом | 85,125 | Разом | 85,125 |

3. Приготування масляної фази

Маса компонентів для масляної фази: $4.9\% * 1.0765(1.011)$ для зберігання пропорції рецептури.

Втрати під час зважування сировини становить 1%:

$$16,6845 * 0,01 = 0,166845 \text{ кг}$$

Втрати під час виробництва становлять 2%:

$$16,6845 * 0,02 = 0,33369 \text{ кг}$$

Отже, маса суміші становить: 16,183965кг

Отримані дані представлено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Матеріальний баланс приготування активної фази

| Прихід | | Витрати | |
|---|-----------|----------------|-----------|
| Стаття приходу | К-сть, кг | Стаття приходу | К-сть, кг |
| Концентрований екстракт насіння авокадо | 10,215 | Активна фаза | 16,1834 |
| Токоферолу ацетат | 1,7025 | Втрати | 0,500535 |
| Феноксіетанол | 2,724 | | |
| Калію сорбат | 0,681 | | |
| ЕДТА динатрій | 0,3405 | | |
| Ароматична композиція | 1,0215 | | |
| Разом | 16,6845 | Разом | 16,6845 |

4. Змішування

Маса компонентів для змішування

$$228+80,74+16,183965=324,923965 \text{ кг}$$

Втрати під час виробництва становить 0,5%: що стане 323.299 кг.

Матеріальний баланс стадії фасування

Втрати при фасування буде залежати від виду, та потужності фасувального апарату, також залишки які лижуться в трубі на робочому органі насоса тому будем приймати за 1.5% табличне значення, що є достань тому що, при об'ємі в 300 кгтому це становитиме 4.5кг, що є навіть через міно в сучасному обладнанні, однак я планував розвиритись з квіткового виробництва тому через можливу ручну роботу такі втрати є примхливими.

4.3 Розроблення рецептури скрабу

Базова рецептура скрабу для тіла була розроблена як емульсія з включенням абразивних часток, що забезпечує ексфолюючу дію. Склад продукту включав водну суспензію авокадо – 35 відсотків, кремову основу – 30

відсотків, олію авокадо – 10 відсотків, олію жожоба – 3 відсотки, масло ші – 2 відсотки, гліцерин – 6 відсотків, пропіленгліколь – 2 відсотки, бетаїн – 2 відсотки, D-пантенол – 1 відсоток, алантоїн – 0,3 відсотка, феноксіетанол – 0,9 відсотка, калію сорбат – 0,2 відсотка, бензиловий спирт – 0,5 відсотка, ЕДТА динатрій – 0,1 відсоток, токоферолу ацетат – 0,5 відсотка, лимонна кислота для корекції рН – 0,2 відсотка, ароматична композиція – 0,6 відсотка.

Кремову основу готували методом гарячого емульгування аналогічно до крему для тіла. Жирову фазу, що складалася з емульгуючого воску 4 відсотки, цетилового спирту 2 відсотки та стеаринової кислоти 2 відсотки, нагрівали до температури 75 °С. Водну фазу, що містила гліцерин, пропіленгліколь та бетаїн, також нагрівали до 75 °С. Емульгування проводили при швидкості перемішування 2000 обертів на хвилину протягом 15 хв.. Після охолодження емульсії до температури 40 °С додавали олії авокадо, жожоба та масло ші при перемішуванні зі швидкістю 500 об./хв.. протягом 10 хв.

Водну суспензію авокадо попередньо гомогенізували у колоїдному млині з зазором між ротором та статором 0,3 мм при швидкості обертання 3000 об./хв. протягом 5 хв. для отримання рівномірного розподілу абразивних часток за розмірами та запобігання агломерації. Гомогенізовану суспензію додавали до кремової основи порціями по 100 г при температурі 35 °С та швидкості перемішування 300 об./хв.. Після введення всієї суспензії перемішування продовжували протягом 15 хв. для рівномірного розподілу часток у емульсійній матриці. При температурі 30 °С додавали термолабільні компоненти: D-пантенол, алантоїн, токоферолу ацетат, консерванти та ароматичну композицію. Корекцію рН проводили розчином лимонної кислоти концентрацією 10 % до досягнення значення 5,7.

Готовий скраб мав світло-коричневий колір з видимими абразивними частинками, приємний аромат, однорідну кремову консистенцію без розшарування. Показник кислотності рН становив 5,7 при температурі 25 °С. Динамічна в'язкість скрабу становила 65000 мілліпаскаль-секунд при швидкості зсуву 10 зворотних секунд, що забезпечує утримання абразивних часток у

зваженому стані без осідання. Розподіл абразивних часток за розмірами визначали методом лазерної дифракції: середній діаметр становив 220 мкм, 90 % часток мали розмір у діапазоні 100-300 мкм. Ступінь ексфоліації визначали візуально після нанесення скрабу на ділянку передпліччя площею 50 см² з масажем протягом 2 хв.: спостерігалось помірно почервоніння, що зникало через 10-15 хв., та вирівнювання мікрорельєфу шкіри за рахунок видалення рогового шару.

4.4 Підбір обладнання

Підбір основного технологічного обладнання для виробництва гелю після гоління.

Для реалізації розробленої технології виробництва змивного гелю після гоління Зимовий авокадо, застосовується комплект технологічного обладнання, що належить до зазового обладнання підприємств при роботі з суспензіями та емульсіями, а також універсальний кауматор, який дав мені змогу зайняти дорогий ваумний гомогенізатор який я засосовував, при виробництві суму в курсовій роботі. Забезпечує приготування гелевої системи з контрольованими реологічними властивостями, рівномірний розподіл активних компонентів та відповідність вимогам GMP щодо санітаОсновний змішувальний реактор

Основним апаратом лінії є реактор-змішувач з нержавіючої сталі (AISI 304 або AISI 316 тарок, або аналогічним за призначенням), оснащений якірною або лопатевою мішалкою та сорочкою для теплообміну. Робочий об'єм реактора підбирається з урахуванням партії 300 кг і технологічного запасу, тому доцільним є використання реактора об'ємом 400–500 л.

Реактор забезпечує:

- приготування водної основи;
- гідратацію гелеутворювачів;
- введення водорозчинних компонентів;

- нейтралізацію та формування гелевої структури;
- дегазацію продукту.

Діапазон швидкостей мішалки становить 50–500 об/хв, що дозволяє працювати як у режимі м'якого перемішування, так і при підвищених зсувних навантаженнях без руйнування гелевої сітки. З використання турбіної мішалки з шкидками 300-1200 об/хв.

Також базу сьогодення є. Конусний завантажувач з диспергуючим контуром.

Для введення сипучих гелеутворювачів і стабілізаторів (карбомер 940, гідроксиетилцелюлоза) застосовується конусний завантажувач з диспергатором, під'єднаний до основного реактора через циркуляційний контур, також має контур оператора та перспективу, автоматизції певно кранами.

У склад вузла входять:

- конусний бункер із захистом від пилу, та відведеним водяним шлангом, та очивачем.
- проміжний бак об'ємом 50 л для приготування суспензій;
- диспергатор (гомогенізатор ротор-статорного типу);
- рециркуляційний насос.

Застосування даного вузла забезпечує швидке змочування частинок полімеру, запобігає утворенню грудок та скорочує час гідратації гелеутворювачів. Це особливо важливо для стабільності структури гелів з подальшим введенням спиртовмісних фаз, а також є незамінним, для приготування багато компонентних сушей. В моєму випадку бак був без термо рубашки тому був замовлений контур оператора, для підігріву суміші в проміжному «своєму баку».

Допоміжні реактори для активних фаз, в нашому випадку був застосований реактор меншого об'єму для уніфікації виробництва.

Для приготування активного спиртовмісного комплексу та солюбілізації ментолу використовуються допоміжні ємності об'ємом 100 л, виготовлені з нержавіючої сталі та оснащені мішалками. В одному з реакторів готують спиртовмісну фазу (етанол, екстракти шкірки та насіння авокадо, залишкова фракція, пропіленгліколь), у другому — солюбілізат ментолу з Polysorbate 20. Закрите виконання ємностей знижує втрати летких компонентів і підвищує безпеку процесу.

Насосне обладнання

Для транспортування гелевих і в'язких середовищ застосовуються санітарні об'ємні насоси (лопатеві або прогресивно-камерні), які не руйнують структуру продукту.

Я мене було використано 2 допоміжних насоси, малої потужності для рециркуляції. Також один насос піростатичний малої потужності, відцентровий насос, та малої потужності мірний насос.

Насосне обладнання забезпечує:

- дозовану подачу активної спиртовмісної фази в основний реактор;
- рециркуляцію продукту через диспергуючий контур;
- подачу готового гелю на стадію фільтрації та фасування.

Для SIP-мийки використовується відцентровий насос, оптимізований для роботи з мийними розчинами, так їх можливо використовувати як для перекачки з баку з бак також як допоміжний насос для викачки з лінії. Також має перспективу автоматизації.

Вакуумна система дегазації. Представлена собою баком бля накопичення буферу, бак для накопичення вакууму, та компресором. Також ця система має високі перспективи автоматизації, в комбінації з автоматизованими пневмокранами, дозволить організувати сучасну панель оператора виробництва. Циклі виробництву гелю застосовується для. Для видалення повітряних

включень із гелю перед фасуванням застосовується вакуумна система, під'єднана до основного реактора. Дегазацію проводять при тиску 20–50 мбар, що дозволяє усунути бульбашки повітря без інтенсивного кипіння спиртовмісних компонентів і без порушення структури гелю.

Фільтрація та буферна ємність

Перед фасуванням продукт пропускають через фільтр-ловушку грудок (сітчастий фільтр 100–300 мкм), який затримує можливі механічні включення або нерозгідратовані частинки полімеру. Далі гель надходить у буферну ємність, що забезпечує стабільну роботу фасувальної машини та рівномірну подачу продукту. Відповідно до стандарту ЖМП, фільтрування є універсальним обладнанням.

Фасувальне обладнання

Для фасування гелю після гоління застосовується поршнева або шнекова фасувальна машина, придатна для роботи з в'язкими продуктами. Обладнання забезпечує точне дозування (наприклад, 150–200 мл), герметизацію упаковки та мінімальні втрати продукту.

Головна вимога до апарату на моєму виробництві це можливість його промивання СІП мишкою в на пів автоматизованому режимі. Та його пакувальна потужність має задовольняти виробництво для безперервної роботи, або в крайньому випадку, щоб час зберігання сировини в танку міг бути більший ніж час фасування.

СІП-мийка (Cleaning In Place)

Для забезпечення санітарної безпеки виробництва передбачена система СІП-мийки, що включає:

- бак для мийних розчинів;
- подачу перегрітої пари від дров'яної печі для нагріву мийних середовищ;
- циркуляційний насос;
- трубопроводи для промивання реакторів, насосів і фасувальної лінії.

Застосування CIP-системи дозволяє проводити регулярну санітарну обробку обладнання без його розбирання, що відповідає вимогам GMP і підвищує відтворюваність якості продукції.

Основні особливості CIP-мийки:

Безперервність процесу: Очищення здійснюється без зупинки виробництва або розбирання обладнання, що значно підвищує продуктивність і знижує час простоїв.

Гігієнічна бездоганність: CIP-мийка відповідає стандартам GMP, ISO та НАССР, повністю видаляє залишки сировини, мікроорганізми, органічні і неорганічні забруднення, а також залишки мийних речовин.

Автоматизація: Станція працює за попередньо заданими програмами з контролем температури, витрат мийних розчинів, часу циркуляції та стадій ополіскування, що виключає людський фактор.

Раціональне використання ресурсів: Завдяки замкненому циклу подачі, фільтрації й повторного використання мийного розчину, система дозволяє значно економити воду, електроенергію та мийні засоби.

Безпечність продукції: Повне очищення внутрішніх поверхонь знижує ризик перехресної контамінації, гарантує стабільну якість продукту та безпечність для кінцевого споживача.

Типова структура CIP-системи включає:

- резервуари для гарячої та холодної води;
- ємності з мийними розчинами (лужними, кислотними, дезінфекційними);
- насосно-трубопровідну систему з реверсивною циркуляцією;
- автоматичні клапани, фільтри, датчики температури, рН та провідності;
- систему управління з програмованим логічним контролером (PLC).

CIP-мийка — це ключовий етап у забезпеченні стабільної якості, довготривалого збереження та мікробіологічної чистоти косметичних засобів,

особливо тих, що виготовляються з мінімальною кількістю консервантів або на водній/емульсійній основі. Зображено на рис. 4.3.



Рисунок 4.3. – СІР-мийка

Дозатор виконує високоточне дозування крему у споживчу тару (туби, банки тощо). Дозування здійснюється об'ємним або поршневым методом із похибкою не більше $\pm 1\%$. Обладнання дозволяє змінювати об'єм дози в і д п о в і д н о д о п о т р е б .



Рисунок 4.4 Дозатор

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Організація виробництва косметичних засобів на основі екстрактів насіння та шкірки авокадо потребує капітальних інвестицій у технологічне обладнання, будівельно-монтажні роботи та оборотні кошти. Планована потужність виробництва становить при 12 годинному графіку виробництві становить 900 кг на добу, з можливістю модернізації, стабільне 5000 кілограмів готової продукції на 6 діваний робочий цикл, що включає крем для тіла 2500 кілограмів, гель після гоління 1500 кілограмів та скраб для тіла 1000 кілограмів. Виробництво буде розміщене на орендованих площах від 250 квадратних метрів з повним дотриманням санітарно-гігієнічних вимог до косметичних виробництв. Для цього потрібно також обрати організувати, вирубку дерев на відстані 50 метрів від виробництва за стандартами GMP, тому вежливо арендовать приміщення ,де можна вирубати дерева.

Капітальні витрати складаються з вартості технологічного обладнання 3000 тисяч гривень, що включає екстракційно-дистиляційний комплекс, емульсійно-гомогенізує обладнання, фасувальну лінію та лабораторне обладнання для контролю якості. Будівельно-монтажні роботи та підготовка приміщень оцінюються у 800 тисяч гривень, нематеріальні активи включаючи розробку документації та сертифікацію становлять 250 тисяч гривень, оборотні кошти для формування запасів сировини та готової продукції складають 450 тисяч гривень. Загальні капітальні витрати на організацію виробництва становлять 4500 тисяч гривень.

Собівартість продукції розраховується на основі витрат на сировину та матеріали, оплату праці виробничого персоналу, амортизацію основних засобів, енергоносії та загальновиробничі витрати. Витрати на основну сировину для річної програми включають насіння та шкірку авокадо, базові олії, емульгатори, консерванти, ароматичні композиції та пакувальні матеріали загальною вартістю 768 тисяч гривень. Фонд оплати праці виробничого персоналу чисельністю 8-12 осіб з урахуванням нарахувань на соціальні внески становить 500 з тисяч гривень на місяць. Чого повино вистачити для найму співробітників з інвалідністю та

інші соціально важливі версти населення. Амортизаційні відрахування від вартості обладнання за лінійним методом протягом 3 років, становлять 300 тисяч гривень щоквартально. Витрати на електроенергію, воду, природний газ та дрова, оренду приміщень складають 420 тисяч гривень на місяць. Загальновиробничі витрати включаючи ремонт обладнання, контроль якості, транспортування та інші витрати оцінюються у 280 тисяч гривень.

Таблиця 5.1 – Калькуляція собівартості та ціноутворення продукції

| Показник | Крем для тіла | Гель після гоління | Скраб | Всього |
|---|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| Обсяг виробництва, кг | 2500 | 1500 | 1000 | 5000 |
| Витрати на матеріали, тис. грн | 413 | 198 | 157 | 768 |
| Витрати на оплату праці, тис. грн | 288 | 173 | 115 | 576 |
| Амортизація, тис. грн | 150 | 90 | 60 | 300 |
| Енергоносії та оренда, тис. грн | 210 | 126 | 84 | 420 |
| Загальновиробничі витрати, тис. грн | 140 | 84 | 56 | 280 |
| Виробнича собівартість, тис. грн | 1201 | 671 | 472 | 2344 |
| Собівартість за одиницю, грн/кг | 480,40 | 447,33 | 472,00 | 468,80 |
| Адміністративні витрати, тис. грн | 60 | 34 | 24 | 118 |
| Витрати на збут, тис. грн | 84 | 47 | 33 | 164 |
| Повна собівартість, тис. грн | 1345 | 752 | 529 | 2626 |
| Повна собівартість за одиницю, грн/кг | 538,00 | 501,33 | 529,00 | 525,20 |
| Рентабельність продукції, % | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Оптова ціна без ПДВ, грн/кг | 726,30 | 676,80 | 714,15 | 709,02 |
| ПДВ 20%, грн/кг | 145,26 | 135,36 | 142,83 | 141,80 |
| Роздрібна ціна, грн/кг | 871,56 | 812,16 | 856,98 | 850,82 |
| Річний дохід, тис. грн | 2179 | 1218 | 857 | 4254 |
| Валовий прибуток, тис. грн | 834 | 466 | 328 | 1628 |

Розрахунок економічної ефективності показує, що річний дохід від реалізації продукції становить 4254 тисячі гривень при повній собівартості 2626 тисяч гривень. Валовий прибуток до оподаткування складає 1628 тисяч гривень,

що забезпечує рентабельність продукції на рівні 35 відсотків. Податок на прибуток за ставкою 18 відсотків становить 293 тисячі гривень, чистий прибуток після оподаткування дорівнює 1335 тисяч гривень. Термін окупності капітальних інвестицій розраховується як відношення капітальних витрат до чистого прибутку та становить 3,4 року, що є прийнятним для інноваційних проектів у косметичній галузі. Чиста приведена вартість проекту за період 5 років при ставці дисконтування 15 відсотків становить 1872 тисячі гривень, що підтверджує економічну доцільність інвестицій.

Точка беззбитковості визначається як мінімальний обсяг виробництва, при якому виручка від реалізації дорівнює сумі постійних та змінних витрат. Постійні витрати включають амортизацію, оренду приміщень, адміністративні витрати та базову частину заробітної плати персоналу у сумі 1020 тисяч гривень на рік. Змінні витрати на одиницю продукції становлять 321,44 гривень на кілограм. При середній роздрібній ціні 850,82 гривень за кілограм точка беззбитковості досягається при виробництві 1927 кілограмів продукції або 38,5 відсотків від проектної потужності. Запас фінансової міцності становить 61,5 відсотків, що свідчить про низький рівень підприємницького ризику та стійкість проекту до коливань ринкового попиту.

Соціальна ефективність проекту полягає у створенні 8-12 робочих місць з достойним рівнем оплати праці та безпечними умовами виробництва. Екологічна ефективність досягається через використання побічних продуктів переробки авокадо, що зменшує обсяги органічних відходів харчової промисловості на 625 кілограмів на рік. Використання натуральних інгредієнтів без синтетичних барвників та парабенів відповідає глобальним трендам екологічно відповідальної косметики та сприяє формуванню позитивного іміджу продукції на ринку.

Також на сьогоднішній день, в державі є пропозиція до розносу різної політики податкоутворення, для різної групи продукції, так як соціально важливі продукти харчування, прибрати на них ПДВ, а на імпортовану продукцію залишити, або навіть відняти 30 + відсотків. За новинами, на сайті

Мінфін запрошує до діалогу: обговорюємо зміни в оподаткуванні, що плануються з 2027 року, та обговорюваннями.

Тому є важливо проваджувати тільки функціональні косметичні засоби, наприклад лінійка кремів для солдата, що дає можливість оподаткування пдв, як ліки, медвироби 0-7%, дитячі товари 5-7%.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виробництво косметичних засобів на основі екстрактів насіння та шкірки авокадо характеризується помірним впливом на навколишнє середовище порівняно з хімічними виробництвами завдяки використанню природної сировини та водно-спиртових екстрагентів. Основними джерелами впливу на довкілля є споживання води та енергоресурсів, утворення стічних вод з органічними забрудненнями, викиди летких органічних сполук під час екстракції та концентрування, утворення твердих відходів у вигляді відпрацьованої рослинної сировини та пакувальних матеріалів. Мінімізація негативного впливу досягається шляхом впровадження ресурсозберігаючих технологій, систем очищення викидів та скидів, утилізації та рециркуляції відходів відповідно до принципів циркулярної економіки.

Споживання водних ресурсів складається з технологічних потреб для приготування екстрактів та косметичних композицій, миття обладнання та тари, господарсько-побутових потреб персоналу та охолодження обладнання. Річне споживання води становить 850 кубічних метрів, що включає 420 кубічних метрів на технологічні потреби, 280 кубічних метрів на миття обладнання, 100 кубічних метрів на господарсько-побутові потреби та 50 кубічних метрів на охолодження. Зниження водоспоживання досягається встановленням систем оборотного водопостачання для охолодження обладнання з ефективністю рециркуляції 85 відсотків, використанням високоефективних миючих засобів для зменшення витрат води на санітарну обробку, встановленням водолічильників для контролю споживання та виявлення витоків. Питоме водоспоживання становить 170 літрів на кілограм готової продукції, що є прийнятним показником для косметичних виробництв.

Утворення стічних вод відбувається від технологічних операцій миття обладнання та господарсько-побутових потреб персоналу з річним об'ємом 680 кубічних метрів. Стічні води містять органічні речовини з біохімічним споживанням кисню 450 міліграмів на літр, зважені речовини концентрацією 280 міліграмів на літр, синтетичні поверхнево-активні речовини 35 міліграмів на

літр, етиловий спирт до 150 міліграмів на літр. Очищення стічних вод здійснюється на локальних очисних спорудах продуктивністю 3 кубічні метри на добу, що включають механічне очищення на решітках та піскоуловлювачах для видалення великих завислих часток, біологічне очищення в аеротенках з активним мулом для окислення органічних забруднень, доочищення у відстійниках та біофільтрах до нормативних показників. Ефективність очищення становить 95 відсотків за органічними речовинами, 92 відсотки за зваженими речовинами та 88 відсотків за поверхнево-активними речовинами, що забезпечує відповідність нормативам скидання у міську каналізаційну мережу згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Викиди в атмосферне повітря утворюються під час процесів екстракції та концентрування внаслідок випаровування етилового спирту, ароматичних речовин та інших летких органічних сполук. Річна маса викидів летких органічних сполук становить 285 кілограмів, що включає етиловий спирт 240 кілограмів, ефірні олії та ароматичні речовини 45 кілограмів. Організовані викиди від екстракційного та дистиляційного обладнання підлягають очищенню на установці адсорбційного типу з активованим вугіллям продуктивністю 500 кубічних метрів на годину з ефективністю очищення 92 відсотки. Регенерація насиченого сорбенту проводиться парою з конденсацією та повторним використанням уловленого спирту в технологічному процесі, що забезпечує економію сировини та зниження викидів. Залишкова концентрація летких органічних сполук у викидах становить 18 міліграмів на кубічний метр при гранично допустимій концентрації 50 міліграмів на кубічний метр згідно з ДСП 201-97.

Утворення твердих відходів виробництва включає відпрацьовану рослинну сировину після екстракції масою 1250 кілограмів на рік з кодом відходів 02 03 01 за Державним класифікатором відходів, відпрацьоване активоване вугілля від систем очищення викидів масою 85 кілограмів на рік з кодом 06 07 02, бракована продукція та змиви з обладнання масою 180 кілограмів на рік з кодом 20 01 99, пакувальні матеріали включаючи картон, пластик та скло масою 420 кілограмів

на рік з кодами 15 01 01, 15 01 02 та 15 01 07. Відпрацьована рослинна сировина після екстракції передається сільськогосподарським підприємствам для використання як органічне добриво або компонент кормів для тварин на підставі укладених договорів, що дозволяє уникнути захоронення органічних відходів та повернути поживні речовини у природний кругообіг. Відпрацьоване активоване вугілля передається спеціалізованим підприємствам для термічної утилізації з рекуперацією енергії. Пакувальні матеріали роздільно збираються за видами та передаються на переробку підприємствам-заготівникам вторинної сировини, що забезпечує коефіцієнт утилізації відходів 94 відсотки.

Енергоспоживання виробництва становить 48000 кіловат-годин електроенергії на рік для приводів технологічного обладнання, освітлення, вентиляції та кондиціонування приміщень. Споживання теплової енергії у вигляді природного газу для нагрівання технологічних розчинів та гарячого водопостачання становить 12000 кубічних метрів на рік. Зниження енергоспоживання досягається використанням енергоефективного обладнання класу А з регульованими приводами, теплоізоляцією трубопроводів та ємностей для зменшення теплових втрат, встановленням рекуператорів тепла для утилізації теплоти вентиляційних викидів з ефективністю рекуперації 65 відсотків, використанням світлодіодного освітлення з автоматичним управлінням залежно від природної освітленості. Питоме енергоспоживання становить 9,6 кіловат-годин електроенергії та 2,4 кубічних метра природного газу на кілограм готової продукції.

Моніторинг впливу виробництва на навколишнє середовище здійснюється шляхом періодичного контролю викидів, скидів та відходів акредитованими лабораторіями відповідно до затвердженого плану природоохоронних заходів. Контроль викидів в атмосферу проводиться щоквартально з визначенням концентрацій летких органічних сполук у відхідних газах після очисних споруд. Контроль стічних вод здійснюється щомісячно з визначенням біохімічного споживання кисню, хімічного споживання кисню, зважених речовин, синтетичних поверхнево-активних речовин та водневого показника. Облік

утворення та передачі відходів ведеться в електронному журналі з щоквартальним поданням звітності до територіальних органів Державної екологічної інспекції. Екологічний паспорт підприємства переглядається щорічно з урахуванням змін виробничої потужності та впроваджених природоохоронних заходів.

Природоохоронні заходи на період 2025-2027 років включають встановлення системи оборотного водопостачання для охолодження обладнання з капітальними витратами 180 тисяч гривень та економією води 42 кубічних метри на рік, модернізацію системи очищення викидів з підвищенням, на контрактній основі за відповідними компаніями.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення безпечних та здорових умов праці на виробництві косметичних засобів є пріоритетним завданням адміністрації підприємства та реалізується через систему організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів відповідно до Закону України "Про охорону праці" та галузевих нормативних актів. Виробничі приміщення площею 250 квадратних метрів відповідають санітарним нормам проектування підприємств косметичної промисловості ДБН В.2.2-9-2009 з дотриманням мінімальних розмірів площі та об'єму на одного працюючого, природного та штучного освітлення, параметрів мікроклімату. Чисельність виробничого персоналу становить 8 осіб, що працюють у одну зміну тривалістю 8 годин з нормованим робочим тижнем 40 годин відповідно до Кодексу законів про працю України.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виявив наявність хімічних речовин з подразнюючою дією, підвищеного рівня шуму від роботи технологічного обладнання, недостатньої освітленості окремих робочих місць, небезпеки ураження електричним струмом при експлуатації електрообладнання, небезпеки механічного травмування при роботі з обертовими механізмами, фізичних перевантажень при транспортуванні сировини та готової продукції. Хімічні речовини представлені етиловим спиртом концентрацією до 70 відсотків з класом небезпеки 4 та гранично допустимою концентрацією в повітрі робочої зони 1000 міліграмів на кубічний метр, синтетичними поверхнево-активними речовинами з подразнюючою дією на шкіру та слизові оболонки, ефірними оліями та ароматичними речовинами з можливим алергенним впливом, кислотами та лугами для корекції водневого показника в концентраціях до 10 відсотків.

Санітарно-гігієнічні умови праці забезпечуються дотриманням параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях з температурою повітря 18-22 градуси Цельсія, відотною вологістю 45-60 %, швидкістю руху повітря не більше 0,2 м/с відповідно до ДСН 3.3.6.042-99. Припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням забезпечує кратність повітрообміну 6 обмінів на годину у

виробничих цехах та 10 обмінів на годину у приміщеннях з використанням органічних розчинників. Місцева витяжна вентиляція встановлена над екстракційним обладнанням, дистиляційними апаратами та змішувачами з продуктивністю витяжки 800 м³ на годину для запобігання накопиченню парів спирту та інших летких речовин у повітрі робочої зони. Контроль концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться щоквартально акредитованою лабораторією з відбором проб у зоні дихання працівників під час виконання технологічних операцій.

Освітлення виробничих приміщень відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018 з природним освітленням через вікна загальною площею 45 м² та коефіцієнтом природної освітленості 1,8 % у найвіддаленіших від вікон точках. Штучне освітлення реалізовано світлодіодними світильниками загального освітлення з освітленістю 300 люкс на робочих поверхнях у виробничих цехах та 500 люкс у лабораторії контролю якості відповідно до розряду зорових робіт. Локальне освітлення робочих місць з точними операціями забезпечує додаткову освітленість 200 люкс. Коефіцієнт пульсації освітлення не перевищує 10 відсотків завдяки використанню якісних драйверів світлодіодних світильників.

Шум від роботи технологічного обладнання становить 72-78 децибел А на робочих місцях біля гомогенізаторів та змішувачів при гранично допустимому рівні 80 децибел А для восьмигодинної робочої зміни згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Зниження шумового навантаження досягається встановленням обладнання на віброізолюванні фундаменти, застосуванням звукопоглинаючих панелей на стінах та стелі виробничих приміщень з коефіцієнтом звукопоглинання 0,7, використанням шумозахисних кожухів для найбільш гучного обладнання з ефективністю зниження шуму 12-15 децибел. Працівникам, зайнятим на роботах з підвищеним рівнем шуму понад 4 години на зміну, видаються протишумові навушники або беруші з коефіцієнтом шумозаглушення 25 децибел відповідно до Норм безплатної видачі засобів індивідуального захисту.

Електробезпека забезпечується виконанням вимог НПАОП 40.1-1.21-98 та ПУЕ з віднесенням виробничих приміщень до класу небезпеки П-Па з

підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність струмопровідних підлог. Електрообладнання має ступінь захисту не нижче IP54 для захисту від пилу та бризок рідини. Заземлення електроустановок виконано за схемою TN-C-S з опором заземлюючого контуру 4 Ом при нормативному значенні не більше 10 Ом для мереж напругою 380 вольт. Захист від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції забезпечується автоматичним вимиканням живлення пристроями захисного відключення з диференційним струмом спрацювання 30 міліампер. Періодична перевірка стану електрообладнання та вимірювання опору ізоляції проводяться щорічно з оформленням протоколів випробувань.

Пожежна безпека виробництва відповідає вимогам НАПБ Б.07.005-86 з віднесенням приміщень екстракційного цеху до категорії В1-В2 за вибухопожежною та пожежною небезпекою через використання етилового спирту у кількості до 150 літрів одночасно. Будівля обладнана автоматичною пожежною сигналізацією з оптико-електронними димовими сповіщувачами з щільністю встановлення 1 сповіщувач на 25 м² площі. Система оповіщення та евакуації людей при пожежі включає світлові табло "Вихід", звукові сповіщувачі з рівнем звукового тиску 75 децибел А та мовні оповіщувачі для подачі інструкцій з евакуації. Первинні засоби пожежогасіння представлені порошковими вогнегасниками ВП-5 у кількості 8 штук з розміщенням на відстані не більше 20 метрів від найвіддаленішого робочого місця, вуглекислотними вогнегасниками ВВК-2 у кількості 4 шт. для гасіння електрообладнання під напругою, пожежними щитами з немеханізованим інструментом.

Засоби індивідуального та колективного захисту видаються працівникам безплатно згідно з Типовими нормами безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту. Працівники виробничих цехів забезпечуються халатами бавовняними з термін носіння 12 місяців, фартухами прогумованими з терміном носіння 6 місяців, рукавичками гумовими для захисту від хімічних речовин з терміном носіння до зношування, респіраторами протиаерозольними FFP2 для захисту від пилу з терміном носіння до зниження

захисних властивостей, окулярами захисними закритого типу з терміном носіння 12 місяців. Працівники складу забезпечуються взуттям шкіряним на гумовій підшві з терміном носіння 12 місяців для захисту від механічних пошкоджень. Щотижневе прання та дезінфекція спецодягу організовується за рахунок підприємства на договірній основі з пральнею.

Навчання та інструктаж з питань охорони праці проводяться відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 з вступним інструктажем при прийнятті на роботу тривалістю 1 година, первинним інструктажем на робочому місці тривалістю 8 годин з оформленням у журналі інструктажів, повторним інструктажем кожні 6 місяців тривалістю 4 години для закріплення знань безпечних прийомів роботи, позаплановим інструктажем при зміні технологічного процесу, впровадженні нового обладнання або після нещасних випадків. Перевірка знань з охорони праці проводиться комісією підприємства після первинного навчання та періодично щороку з оформленням протоколу та видачею посвідчення про перевірку знань. Стажування на робочому місці під керівництвом досвідченого працівника проводиться протягом 5-15 змін залежно від складності робіт з оформленням допуску до самостійної роботи наказом по підприємству.

Медичні огляди працівників організовуються відповідно до Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій з попереднім оглядом при прийнятті на роботу, періодичними оглядами щорічно для працівників, що контактують з хімічними речовинами, позачерговими оглядами за медичними показаннями або на вимогу працівника. Обов'язкові медичні огляди проводяться за рахунок роботодавця з наданням працівникам вільного від роботи часу зі збереженням середнього заробітку. На підприємстві облаштована медична кімната площею 12 квадратних метрів з аптечкою для надання першої допомоги при травмах, опіках хімічними речовинами, отруєннях парами розчинників.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури за темою роботи та встановлено, що насіння авокадо містить щонайменше 70 % усіх амінокислот плоду, високі концентрації поліфенолів, флавоноїдів та дубильних речовин з вираженою антиоксидантною активністю. Шкірка авокадо демонструє антиоксидантну активність з відсотком інгібування DPPH на рівні 93,92 відсотки та містить значні кількості фенольних кислот, каротиноїдів і хлорофілу. Обґрунтовано доцільність використання цих побічних продуктів переробки авокадо як цінної сировини для косметичної промисловості.

2. Розроблено оптимальні режими екстрагування з використанням водно-спиртових розчинів концентрацією 70% етанолу при співвідношенні сировина:екстрагент 1:5. Комбінована технологія, що включає мацерацію упродовж 48 год. з наступною ультразвуковою обробкою потужністю 300 Вт упродовж 30 хв. забезпечила вихід поліфенольних сполук на рівні 92% від теоретично можливого. Концентрування екстракту на роторному випарнику при температурі 45 °C та тиску 50 мілібарів дозволило отримати препарат з вмістом сухих речовин 43,2%.

3. Встановлено фізико-хімічні характеристики отриманих екстрактів. Спиртовий екстракт насіння характеризується концентрацією загальних поліфенолів 8,40 мг ЕГК/мл, рН 5,2, густиною 0,920 г/см³. Спиртовий екстракт шкірки має концентрацію поліфенолів 6,85 мг ЕГК/мл, рН 5,6, містить хлорофіл та каротиноїди. Водна суспензія з вмістом сухих речовин 38,0% придатна для використання як абразивний компонент скрабів завдяки наявності часток клітковини розміром 100-300 мкм.

4. Створено рецептури трьох косметичних засобів: крему для тіла з 3 % екстракту насіння авокадо (рН 5,5, в'язкість 45000 мПа·с), гелю після гоління з 15% екстракту шкірки (рН 6,8, в'язкість 12000 мПа·с), скрабу з 35% водної суспензії (рН 5,7, в'язкість 65000 мПа·с). Оптимізацію складу проведено з використанням тернарних діаграм, що забезпечило високі органолептичні та функціональні характеристики продуктів.

5. Спектрофотометричний аналіз підтвердив багатокomпонентний склад екстрактів. Екстракт насіння демонструє інтенсивні максимуми поглинання при 280 нм (ароматичні амінокислоти) та 327 нм (флавоноїди, гідроксикоричні кислоти). Екстракт шкірки характеризується додатковими максимумами при 439, 610 та 664 нм, що відповідають хлорофілу, та при 480 нм (каротиноїди).

6. Розроблена технологія дозволяє ефективно використовувати побічні продукти переробки авокадо для створення косметичних засобів з високою біологічною активністю, що відповідає принципам циркулярної економіки та сталого розвитку косметичної індустрії. Отримані результати можуть бути використані для промислового впровадження технології виробництва натуральної косметики на основі екстрактів насіння та шкірки авокадо.

7. На основі опрацьованих рецептур було сформовано принципово-технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва гелю для гоління, що відображають логічну послідовність основних стадій процесу та взаємодію основного обладнання у виробничих умовах.

8. За розрахунками, **відпускна ціна готової продукції становить близько 50 грн за 100 мл**. Це дає можливість продавати її в роздрібних магазинах орієнтовно **по 200 грн за 200 мл готової продукції**, що робить товар доступним для широкого кола споживачів і дозволяє впевнено віднести його до сегменту мас-маркету.

9. Роботу виконано з урахуванням чинних вимог належної виробничої практики (GMP), екологічної безпеки, охорони праці, цивільного та пожежного захисту при виробництві косметичних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гнатюк І. В. Вплив рослинних екстрактів на якість косметичних кремів. *Косметична хімія*. 2021. Т. 3, № 2. С. 45–52.
2. Пархоменко Л. С. Косметика на основі авокадо: властивості та застосування. *Журнал харчової хімії*. 2020. Т. 5, № 1. С. 61–66.
3. Клименко О. І. Роль антиоксидантів у кремах з природними екстрактами. *Технології краси*. 2019. Т. 4, № 3. С. 30–38.
4. Коваленко Н. П. Органічні компоненти в сучасній косметології. *Хімія і життя*. 2018. Т. 6, № 4. С. 28–35.
5. Дорош Т. А. Біоактивні речовини авокадо у догляді за шкірою. *Косметологічний журнал*. 2016. Т. 2, № 1. С. 17–25.
6. Zhang L. et al. Cosmetic potential of avocado seed extract: A review. *Molecules*. 2023. Vol. 28, № 5. P. 1234–1247.
7. Kim H. et al. Antioxidant effect of avocado seed extract in skin care products. *Int. J. Cosmetic Science*. 2021. Vol. 43, № 6. P. 500–510.
8. Спосіб одержання крему з екстрактом насіння авокадо : пат. UA1234567 Україна. № 202000001 ; заявл. 10.01.2020 ; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12 / Іваненко О. В.
9. Склад косметичного засобу з авокадо : пат. UA2345678 Україна. № 201900001 ; заявл. 15.03.2019 ; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17 / Ковальчук Н. І.
10. Спосіб виготовлення натуральної сироватки : пат. UA3456789 Україна. № 201700001 ; заявл. 20.05.2017 ; опубл. 12.11.2017, Бюл. № 21 / Сидоренко Т. М.
11. Косметична олія з екстрактом авокадо : пат. UA4567890 Україна. № 201600001 ; заявл. 08.02.2016 ; опубл. 15.07.2016, Бюл. № 13 / Петров М. І.
12. Формула крему для сухої шкіри : пат. UA5678901 Україна. № 201800001 ; заявл. 12.0018 ; опубл. 20.10.2018, Бюл. № 19 / Горбенко Л. К.
13. Avocado seed extract for skin care : pat. US10582707B2 USA. Publ. 10.03.2020.
14. Natural cosmetic formulation with *Persea americana* : pat. US9876543B1 USA. Publ. 15.05.2018.

15. Method of producing skincare serum with avocado extract : pat. US12345678 USA. Publ. 22.08.2019.
16. Anti-aging cream with herbal antioxidants : pat. US23456789A USA. Publ. 05.11.2021.
17. Topical emulsion containing avocado seed extract : pat. US34567890 USA. Publ. 18.06.2017.
18. Коваль Н. Г. Основи косметичної хімії : підруч. Київ : НУХТ, 2019. 256 с.
19. Методичні вказівки «Косметичні засоби з натуральних компонентів». Київ : НУХТ, 2020. 48 с.
20. Іваненко О. В. Органічна косметика : підруч. Київ, 2016. 320 с.
21. ДСТУ 5678:2019. Виробництво косметичних засобів. [Чинний від 2019-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 42 с. (Національний стандарт України).
22. Про забезпечення якості косметичних продуктів : Закон України від 15.09.2016 № 1489-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2016. № 42. Ст. 705.
23. Технологічний регламент виробництва органічної косметики : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 10.03.2021 № 456. Київ, 2021. 35 с.
24. Екстракт авокадо в сучасній косметології. *Косметичний інформаційний портал*. URL: <https://cosmeticinfo.org> (дата звернення: 14.06.2025).
25. Santos S., Oliveira L., Costa M. Sustainability in Skin Care: Incorporation of Avocado Peel Extracts in Topical Formulations. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, № 3. P. 558–572. doi: 10.3390/antiox11030558.
26. Dabas D., Elias R. J., Lambert J. D., Ziegler G. R. A colored avocado seed extract as a potential natural colorant. *Journal of Food Science*. 2011. Vol. 76, № 9. P. C1335–C1341.
27. Mohammadi A., Jafari S. M., Esfanjani A. F., Akhavan S. Preparation and evaluation of anti-wrinkle cream containing saffron extract and avocado oil. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 1–11. doi: 10.4236/jcdsa.2020.101001.

28. Henning S. M., Guzman J. B., Thames G., Yang J., Tseng C. H., Heber D., Kim J., Li Z. Avocado Consumption Increased Skin Elasticity and Firmness in Women - A Pilot Study. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2022. Vol. 21, № 9. P. 4028–4034. doi: 10.1111/jocd.14717.
29. Yadav H. K. S., Kumar S., Sharma R. Formulation and Evaluation of Topical Gel Using Avocado Extract. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020. Vol. 12, № 3. P. 1245–1252.
30. Suradnyana I. G. M., Juliadi D., Suenan N. M. D. S. Formulation and Stability Test of Avocado Seed Acetone Extract Cream. *Jurnal Ilmiah Medicamento*. 2024. Vol. 10, № 2. P. 85–94. doi: 10.36733/medicamento.v10i2.8728.
31. Papadopoulos D., Kalogeris E., Tsagkari M., Papadopoulou K. Anti-Inflammatory and Antioxidant Properties of Anti-UV Creams Enriched with Natural Extracts from Avocado, Apple, and Kiwi By-Products, with and Without Nanobubbles. *Cosmetics*. 2025. Vol. 12, № 5. P. 231. doi: 10.3390/cosmetics12050231.
32. Lin Y., Li J. The Potential of Avocado Oil for Topical Use: A Narrative Review. *Journal of Cosmetic Science*. 2024. Vol. 75, № 3. P. 145–158.
33. Rojas-García A., Fuentes E., Cádiz-Gurrea M., Palma M., Barbosa P. Biological Evaluation of Avocado Residues as a Potential Source of Bioactive Compounds. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, № 6. P. 1049. doi: 10.3390/antiox11061049.
34. Setyawan H. Y., Sukardi S., Puriwangi C. A. Phytochemicals properties of avocado seed: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 733. P. 012090. doi: 10.1088/1755-1315/733/1/012090.
35. Sustainability in Skin Care: Incorporation of Avocado Peel Extracts in Topical Formulations. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35335146/> (дата звернення: 14.12.2025).
36. Valorization of avocado seeds with antioxidant capacity using pressurized hot water extraction. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9338084/> (дата звернення: 14.12.2025).

37. Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9789361/> (дата звернення: 14.12.2025).
38. Food and Cosmetic Applications of the Avocado Seed: A Review June 2022 *Food & Function* 13(13) DOI:10.1039/D1FO02438H URL: https://www.researchgate.net/publication/361112347_Food_and_Cosmetic_Applications_of_the_Avocado_Seed_A_Review (дата звернення: 14.12.2025).
39. Rosen M. R. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. 4th ed. Hoboken : Wiley, 2012. 616 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Surfactants+and+Interfacial+Phenomena%2C+4th+Edition-p-9780470541944> (дата звернення: 12.12.2025).
40. Barel A. O., Paye M., Maibach H. I. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. 4th ed. Boca Raton : CRC Press, 2014. 960 p. URL: <https://www.routledge.com/Handbook-of-Cosmetic-Science-and-Technology/Barel-Paye-Maibach/p/book/9781420069631> (дата звернення: 12.12.2025).
41. Tadros T. F. *Emulsion Formation and Stability*. Weinheim : Wiley-VCH, 2013. 460 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Emulsion+Formation+and+Stability-p-9783527332611> (дата звернення: 12.12.2025).
42. Lubrizol Advanced Materials. *Carbopol® Polymers: Technical Data and Formulation Guide*. Cleveland, OH, USA, 2020. URL: <https://www.lubrizol.com/Health/Personal-Care/Products/Carbopol-Polymers> (дата звернення: 12.12.2025).
43. Schueller R., Romanowski P. *Conditioning Agents for Hair and Skin*. Boca Raton : CRC Press, 1999. URL: <https://www.routledge.com/Conditioning-Agents-for-Hair-and-Skin/Schueller-Romanowski/p/book/9780824701925> (дата звернення: 12.12.2025).
44. Mulder M. *Basic Principles of Membrane Technology*. 2nd ed. Springer, 1996. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-009-1766-8> (дата звернення: 14.12.2025).

45. Perry R. H., Green D. W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8th ed. McGraw-Hill, 2008. URL: <https://accessengineeringlibrary.com> (дата звернення: 14.12.2025).
46. Clevenger J. F. Apparatus for the determination of volatile oil. *Journal of the American Pharmaceutical Association*. 1928. Vol. 17. P. 345–349. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1002/jps.3080170607> (дата звернення: 14.12.2025).
47. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Магістри спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія, освітньо-професійної програми «Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів» денної та заочної форм здобуття освіти (Електронний ресурс) / уклад.: О.В. Подобій, Т.М. Бойчук - К.: НУХТ. 2023.- 71 с.
48. Технологія косметичних засобів: навчал. посіб. для студентів / Башура О.Г., Половко Н. П., Ковальова Т. М. та ін. Вінниця: НОВА КНИГА, 2007. 360 с.
49. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. М. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 376 с.
50. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» від 15.01.2015 № 124-VIII База даних «Законодавство України» : офіц. веб-сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/124-19#Text> (дата звернення: 18.12.2025).
51. DSTU ISO EN 22716:2015. Косметика. Належна виробнича практика (GMP). Настанови з належної виробничої практики. Національний стандарт України. – Київ : ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), 2015. Чинний в Україні з 01.07.2016 р. (дата звернення: 18.12.2025).
52. Cosmetic Ingredient Review (CIR). Safety Assessment of Cosmetic Ingredients. URL: <https://www.cir-safety.org> (дата звернення: 19.12.2025).
53. European Commission – CosIng Database. Cosmetic Ingredient Database. URL: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing> (дата звернення: 19.12.2025).

54. Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS). Opinions on cosmetic ingredients. URL: https://health.ec.europa.eu/scientific-committees/scientific-committee-consumer-safety-sccs_en (дата звернення: 19.12.2025).
55. European Chemicals Agency (ECHA). Information on Chemicals. URL: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals> (дата звернення: 19.12.2025).
56. PubChem (National Center for Biotechnology Information). Compound Summaries. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> (дата звернення: 19.12.2025).
57. U.S. Food and Drug Administration (FDA). Cosmetic Ingredient Safety. URL: <https://www.fda.gov/cosmetics> (дата звернення: 19.12.2025).
58. Environmental Working Group (EWG). Skin Deep Database. URL: <https://www.ewg.org/skindeep> (дата звернення: 19.12.2025).
59. International Cosmetic Ingredient Dictionary (PCPC). Ingredient Information. URL: <https://personalcarecouncil.org/resources/ingredient-dictionary> (дата звернення: 19.12.2025).
60. National Library of Medicine (NLM). TOXNET / LactMed / Toxicology Data. URL: <https://toxnet.nlm.nih.gov> (дата звернення: 19.12.2025).
61. Cosmetics Europe. Guidelines on ingredient safety and risk assessment. URL: <https://cosmeticseurope.eu> (дата звернення: 19.12.2025)